



高职高专模具设计与制造专业规划教材

塑料成型模具设计

◎ 吴永锦 梁国栋 刘海明 主编
◎ 梁 丰 刘俊英 朱俊杰 副主编
◎ 李大成 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高职高专模具设计与制造专业规划教材

塑料成型模具设计

吴永锦 梁国栋 刘海明 主编
梁 丰 刘俊英 朱俊杰 副主编
李大成 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书依据高职高专模具设计与制造及相关专业的企业实际岗位职业技能要求,选择手机后盖、肥皂盒、手机面板 3 个项目,系统介绍塑件原材料、塑件结构知识、注射成型工艺和注射模具设计知识和技能方法,在介绍实际设计操作时配合了模具设计主流软件。通过本书的学习,着重培养学生掌握现代企业塑件生产的工作流程和塑件设计技能。

本教材可作为高职高专院校模具设计与制造专业及相关专业的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型模具设计 / 吴永锦, 梁国栋, 刘明海主编. —北京: 电子工业出版社, 2012. 12

高职高专模具设计与制造专业规划教材

ISBN 978-7-121-19206-7

I. ①塑… II. ①吴… ②梁… ③刘… III. ①塑料模具—塑料成型—设计—高等职业教育—教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 295334 号

责任编辑: 朱怀永 特约编辑: 王纲

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19 字数: 470 千字

印 次: 2012 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

“塑料成型工艺及模具设计”是高职高专院校模具设计与制造专业的核心专业课程,掌握课程内容对于学生今后从事模具设计、制造及相关的工作至关重要。但是,现阶段所使用教材从内容到教学方法都与现代制造业企业的实际和需求不相适应。在总结编者多年在外资企业从事模具设计及管理工作经验并依据高职教育的特点编写本书,本书在编写时力求体现和吸收新的教学理念和适应现代企业的新的知识亮点,同时也照顾该课程传统的教学内容和方法。

1. 从课程的培养目标出发编写教材内容

从现代电子产品制造业与模具的关系分析出发,对高职模具设计与制造专业的企业实际岗位及其技能进行了深入分析,对本门课程的教学目标进行了准确定位。以注射模具结构及设计为核心内容,使学生掌握塑件产品生产的完整流程。为此,本书根据教学培养目标和高职学生认知规律,采用项目驱化体例进行编写。全书分为塑料材料及塑件结构设计、注射成型工艺、单分型面注射模具设计、侧抽芯注射模具设计等模块。

2. 从工作任务出发,以项目为载体引导教学

为了达到能力培养目标,本书突破传统的理论和实践分割的教学模式,充分贯彻理论和实践一体化的思想,以能力培养为本位,以职业活动、工作过程为导向,科学选择项目作为教学载体。改变传统的填鸭式以教师为主的教学方法,以学生为主体,教师为指导,通过做具体的项目,使学生掌握知识和能力。该教材的每一个模块都设有核心项目,为了最终完成核心项目,每一个环节还设计了子项目,教师引导学生在完成每一个子项目,直至完成核心项目的过程中,达到能力培养目标。各个项目中都有详细讲解,可操作性强。对于每一个项目,参照企业的考核标准,列有详细的考核标准,便于对学生进行考核,其中特别注重学生职业道德和素养的考核。

3. 内容新颖,贴合现代企业实际

本书在编写时结合编者多年在现代电子制造企业从事技术和管理的工作经历,在各个模块中增加了许多与现代电子产品制造企业相适应的新的内容,改变了该课程同类教材与现代制造业脱节的现状。另外,在项目选取上,注重选用学生感兴趣的现代电子产品如手机面盖和后盖为教学驱动项目,有利调动学生学习积极性,有利于使课程教学与现代企业需求接轨。

另外,充分考虑到现代企业模具设计的要求,本书采用传统教学内容与现代软件使用相结合的形式。在模具设计模块,每一个设计步骤均配有相应的 UG 软件操作。学生可在老师的指导下,运用软件按步骤完成设计任务,真正实现“教、学、做”一体化。

4. 教学方法建议

教学方法上,采用项目驱动法,以本书提供的核心项目和子项目为主线,组织教学内容。先通过核心项目告知各教学模块的能力培养目标,并将核心项目和子项目化解成每一项具体的工作任务,通过完成各项工作任务来展开教学,并按考核标准对学生进行考核。按照本书的编排顺序及操作步骤,一般能够完成书中所述的各个项目,从而达到教学目的。

本书由河源职业技术学院吴永锦高级工程师、梁国栋、刘海明为主编,河源职业技术学院梁丰、刘俊英、朱俊杰为副主编。全书由河源职业技术学院机电学院院长、广东省模具协会教

学培训分会副主任委员李大成教授主审。限于编者水平局限,书中不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者
2012年6月

目 录

绪论	1
一、塑料模具在现代制造业中的地位	1
二、高职模具专业职业规划	2
三、塑料模具的分类	3
四、操作项目	4
模块一 塑料制品原材料的选用	7
【项目引导】	7
【项目分析】	7
【知识链接】	7
一、塑料的概念和组成	7
二、塑料的一般工艺特性	9
三、聚合物在成型过程中的流动性能	12
四、塑料的工艺性能	16
五、常用塑料	22
【项目训练】	30
【拓展训练】	30
模块二 塑料制品结构设计	31
【项目引导】	31
【设计要求】	31
【项目分析】	31
【知识链接】	31
一、塑件的尺寸及其精度	31
二、塑件的表面粗糙度	33
三、塑件的几何形状	34
四、螺纹	44
五、齿轮	46
六、嵌件	47
【项目训练】	50
【拓展训练】	50
模块三 塑件注射成型工艺规程	51
【项目引导】	51
【设计要求】	51
【项目分析】	51
【知识链接】	51
一、注射成型的原理、特点及应用	51

【项目训练 1】	63
二、注射机的选择和校验	63
【项目训练 2】	73
模块四 单分型面注射模具设计	74
【项目引导】	74
【项目分析】	74
【知识链接】	74
一、单分型面注射模的原理及结构	74
二、塑件在模具中的位置与分型面	76
【项目训练 1】	78
【实训操作 1】	82
三、成型零件设计	84
【实训操作 2】	87
四、成型零部件的工作尺寸计算	87
【实训操作 3】	91
五、注射模标准模架的选用	100
【实训操作 4】	101
六、浇注系统的设计	106
【实训操作 5】	117
七、合模导向机构的设计	123
八、推出机构的设计	125
【实训操作 6】	133
九、注射模具冷却系统设计	136
【实训操作 7】	140
模块五 外侧抽芯模具设计	153
【项目引导】	153
【项目分析】	153
【知识链接】	153
一、侧向分型与抽芯机构概述	153
二、斜导柱侧向分型与抽芯机构	156
三、斜滑块侧向分型与抽芯机构	161
模块六 内侧抽芯模具设计	209
【项目引导】	209
【项目分析】	210
【实训操作】	210
模块七 其他塑料成型工艺及模具	241
一、压缩成型工艺及模具	241
二、挤出成型工艺及模具	249
三、中空吹塑成型工艺及模具	274
四、压缩空气成型工艺及模具	280

附录 A	常用塑料成型收缩率表	282
附录 B	常用塑料的分类和用途	283
附录 C	注射成型塑件成型缺陷分析	285
附录 D	龙记模架及模具钢	288
参考文献	296

绪 论

一、塑料模具在现代制造业中的地位

(一) 消费类电子产品制造业在我国的发展状况

改革开放以来,在经济全球化的大背景下,我国经济总量和对外贸易在世界经济中的比重日益增加,我国正日益发展成为“世界工厂”,已经是当之无愧的世界现代制造业中心。特别是现代消费类电子产品和现代通信、计算机等 IT 产品的生产制造,无论是品种还是产量,在全球都占有绝对优势。据统计,2010 年我国境内生产的移动电话、个人计算机(PC)、数码相机占全球总量均超过 70%,显示器占 65%,程控交换机占 58%,均已居全球第一。如今,无论在美洲还是欧洲,中国制造的产品已随处可见。

在国内市场方面,随着人民生活水平的提高和我国扩大内需政策的实施,消费类电子行业出现了强劲的增长态势。工业和信息化部数据显示,2010 年 1~10 月,规模以上电子信息产品制造业实现销售收入 50589 亿元,同比增长 25.9%。在规模以上电子信息制造业主要产品中,手机产量达到 79201.8 万部,同比增长 35%;彩电产量达 9478.8 万台,同比增长 6.9%;笔记本电脑产量达 15346.8 万台,同比增长 25.7%。2010 年 1~10 月,家用电器行业累计工业销售产值同比增长 30.9%,新产品产值累计同比增长 31.4%,累计产销率达 95.5%。我国已成为全球最大的消费电子产品制造基地和第二大消费电子产品市场。分析人士指出,全球消费电子已开始表现出复苏的态势,同时全球消费电子的重心也正在向我国转移。

(二) 现代电子产品与模具

消费类电子产品(以下简称电子产品)主要包括:家电类产品,如电视机、视频音频播放机、电冰箱、洗衣机、空调等;小家电产品,如微波炉、电磁炉、电风扇、电饭煲、加湿器、电吹风等;现代通信和数码产品,如笔记本电脑、台式个人计算机(PC)、数码相机、手机、数码摄像机等。现代电子产品的结构主要包括三个方面:硬件、结构件和控制软件。硬件主要是指电子电路部分,由电子线路板(PCB 板)、电子元器件和接插件等组成;结构件主要有外壳、面板、侧板、后板和支架等零件,具有外观造型、支撑电子线路板等硬件和完成机构动作的功能;软件控制部分主要是指控制电子产品的性能参数和动作的计算机程序或逻辑信号。

由于电子产品已成为现代人们日常生活、信息沟通离不开的产品,所以市场需求量大,而且产品生命周期短,更新换代快。这就决定了电子产品具有产量大、生产节奏快、品种多的特点,通常采用大批量流水线生产模式。例如,一款手机的年产量一般在十几万台,有些畅销型号甚至达到几十万台、数百万台,按照生产计划,要求每部手机的装配生产时间(即生产节拍)是十几秒到几十秒,也就是说在手机装配流水线上,每十几秒到几十秒就必须装配好一部手机。其他产品如笔记本电脑的生产节拍也在十几秒到几十秒内。根据流水线生产节拍要求,产品的每个零部件的生产时间也应该是十几秒到几十秒。

电子电路部分,如电子线路板(PCB 板)、电子元器件和接插件等零部件生产在这里不予讨论,我们重点讨论电子产品结构件的生产如何满足这种要求。

电子产品结构件的生产,如产品外壳、面板、后盖和支架等,如果用传统的机械加工方式生

产,仅从生产节拍来看显然不能满足生产要求。对于这类零部件,我们必须先设计制造相应的模具,然后通过自动化生产设备,如注塑机、冲压机床、压铸机等进行快速生产,而且一般来说,一个或者几个零部件就需要设计制造相应的模具。图 0-1 是电子产品生产流程图。从图中可以看出,模具是电子产品生产中非常重要的关键工装设备。可以毫不夸张地说,模具设计及制造技术是现代电子产品的关键核心技术之一。而其中的塑料件如面板、后盖等则直接影响电子产品的款式和外观,所以,与之相对应的塑料模具,特别是注射模具是现代电子产品的关键工装设备。可以说没有塑料注射模具,就没有丰富多彩的现代电子产品和现代化生活设施,我国就不能成为世界现代制造业基地。模具是现代制造业的基础。

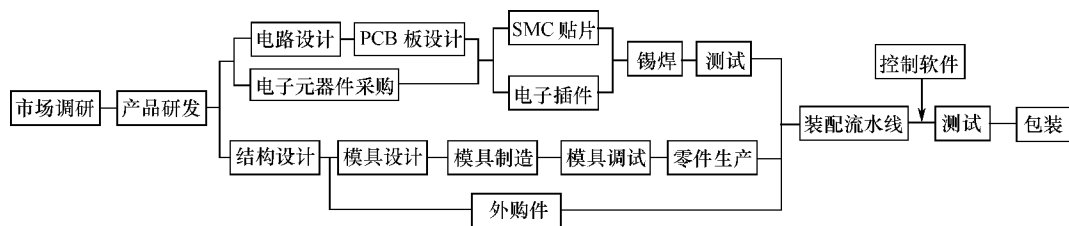


图 0-1 电子产品生产流程图

二、高职模具专业职业规划

我国日益发展的现代制造业迫切需要大量的模具技术应用人才,特别是当前正处于产业结构升级的关键时期,对模具人才又有了更高要求。高职模具设计与制造专业是为以现代电子产品为代表的现代制造业企业相关岗位培养技术和管理人才的实用性、实践性很强的专业。根据现代制造业企业产业升级的需要,分析出毕业生对应的岗位和技能要求,分述如下。

(一) 产品结构的设计

1. 能力目标

能应用 3D 软件,测绘、设计典型电子产品的塑料零件和五金冲压零件,并能绘制合格的 2D 工程图(AutoCAD)。在今后工作中,能逐步独立设计整个塑料电子产品结构,并能够从事模具跟进、试模、产品试制等。

2. 技能要求

具有比较扎实的机械制图知识和技能,熟练掌握公差配合基本知识和机械制造工艺基本知识,掌握和熟知模具结构及塑件成型工艺。

(二) 模具设计

1. 能力目标

能应用典型 3D 软件从事模具设计,绘制合格的模具 2D 工程图(AutoCAD),能够从事模具制造跟进、试模、产品试制等。

2. 技能要求

具有比较扎实的机械制图知识和技能,以及相关软件操作能力;熟练掌握公差配合基本知识和机械制造工艺基本知识;熟知模具结构;较好地掌握塑件成型工艺过程和注射成型工艺参数知识。

(三) 产品制造工艺

1. 能力目标

能编制塑胶件(冲压件)制造标准作业指导书,能根据产能要求设计安排流水线并编制产品装配标准作业指导书,会设计或定制产品装配或零件制造的相关工装夹具(除模具外)。

2. 技能要求

具有比较扎实的机械制图知识和技能,熟练掌握公差配合基本知识,具有机械制造工艺基本知识和夹具设计技能,熟知模具结构及塑件成型工艺,掌握相应的企业生产管理知识。

(四) 产品质量管理

1. 能力目标

能够对塑件产品及零件异常进行分析,并提出改进方案和修模措施;能够编制产品和零件检验指导书,并设计或定制相应的检验工装夹具。

2. 技能要求

具有比较扎实的机械制图知识和技能,熟练掌握公差配合基本知识和机械制造工艺基本知识,熟知模具结构及塑件成型工艺,掌握 ISO9000 质量管理体系。

三、塑料模具的分类

塑料模具根据塑料制品的成型工艺不同,主要可以分成以下几类。

(一) 注射(塑)模具

注射(塑)模具是热塑性塑件生产中应用最为普遍的一种成型模具,其对应的加工设备是注射成型机。塑料原材料首先在注射机料筒内受热熔融成黏流态,然后在注射机的螺杆或柱塞推动下,经注射机喷嘴和模具的浇注系统进入模具型腔,塑料冷却硬化成型,脱模得到制品。其结构通常由成型部件、浇注系统、导向部件、推出机构、调温系统、排气系统、支撑部件等部分组成。注射成型加工方法通常适用于热塑性塑料制品的生产。用注射成型工艺生产的塑料制品应用十分广泛,从各类消费电子产品到各类复杂的机械、交通工具的塑料零件等都是用注射模具成型的,它是塑料制品生产中应用最广的一种加工方法。

(二) 压塑模具

压塑模具包括压缩成型和压注成型两种结构类型。它们主要用来成型热固性塑料,其所对应的设备是压力成型机。压缩成型方法根据塑料特性,将模具加热至成型温度(一般为 $103\sim 108^{\circ}\text{C}$),然后将计量好的塑料原材料粉放入模具型腔和加料室,闭合模具,塑料原料在高温、高压作用下呈软化黏流态,经一定时间后固化定型,成为所需制品形状。压注成型与压缩成型不同的是没有单独的加料室,成型前模具先闭合,塑料在加料室内完成预热呈黏流态,在压力作用下调整挤入模具型腔,硬化成型。压缩模具也用来成型某些特殊的热塑性塑料,如难以熔融的热塑性塑料(如聚加氟乙烯)毛坯、光学性能很高的树脂镜片、轻微发泡的硝酸纤维素汽车方向盘等。压塑模具主要由型腔、加料腔、导向机构、推出部件、加热系统等组成。压塑模具广泛用于封装电器元件方面。

(三) 挤出模具

挤出模具用来成型连续形状的塑料产品,又叫挤出成型机头,广泛用于管材、棒材、单丝、板材、薄膜、电线与电缆包覆层、异形材等的加工。与其对应的生产设备是挤出成型机。其原理是塑料原料在加热和挤出机的螺杆旋转加压条件下熔融成黏流态,通过特定形状的口模制成截面与口模形状相同的连续塑料制品。挤出成型工艺通常只适用于热塑性塑料制品的生产,其在结构上与注塑模具和压塑模具具有明显区别。

(四) 吹塑模具

吹塑模具是用来成型塑料容器类中空制品(如饮料瓶、日化用品包装容器)的一种模具。吹塑成型的形式按工艺原理主要有挤出吹塑中空成型、注射吹塑中空成型、注射延伸吹塑中空

成型、多层吹塑中空成型、片材吹塑中空成型等。中空制品吹塑成型所对应的设备通常称为塑料吹塑成型机,吹塑成型只适用于热塑性塑料制品的生产。吹塑模具结构较为简单。

(五) 吸塑模具

吸塑模具是以塑料板、片材为原料成型某些较简单塑料制品的一种模具。其原理是利用抽真空方法或压缩空气成型方法,使固定在凹模或凸模上的塑料板、片在加热软化的情况下变形而贴在模具的型腔上,从而得到所需成型产品,主要用于一些日用品、食品、玩具类包装制品的生产。吸塑模具成型时压力较低,所以多选用铸铝或非金属材料制造,结构较为简单。

四、操作项目

本书选择了手机后盖、肥皂盒和手机面板三个典型注射模具产品作为具体操作项目,介绍塑胶零件设计、成型技术和注射模具设计等知识和技能。

（一）操作项目一 设计手机后盖

操作项目一为设计手机后盖,其效果图如图 0-2 所示。

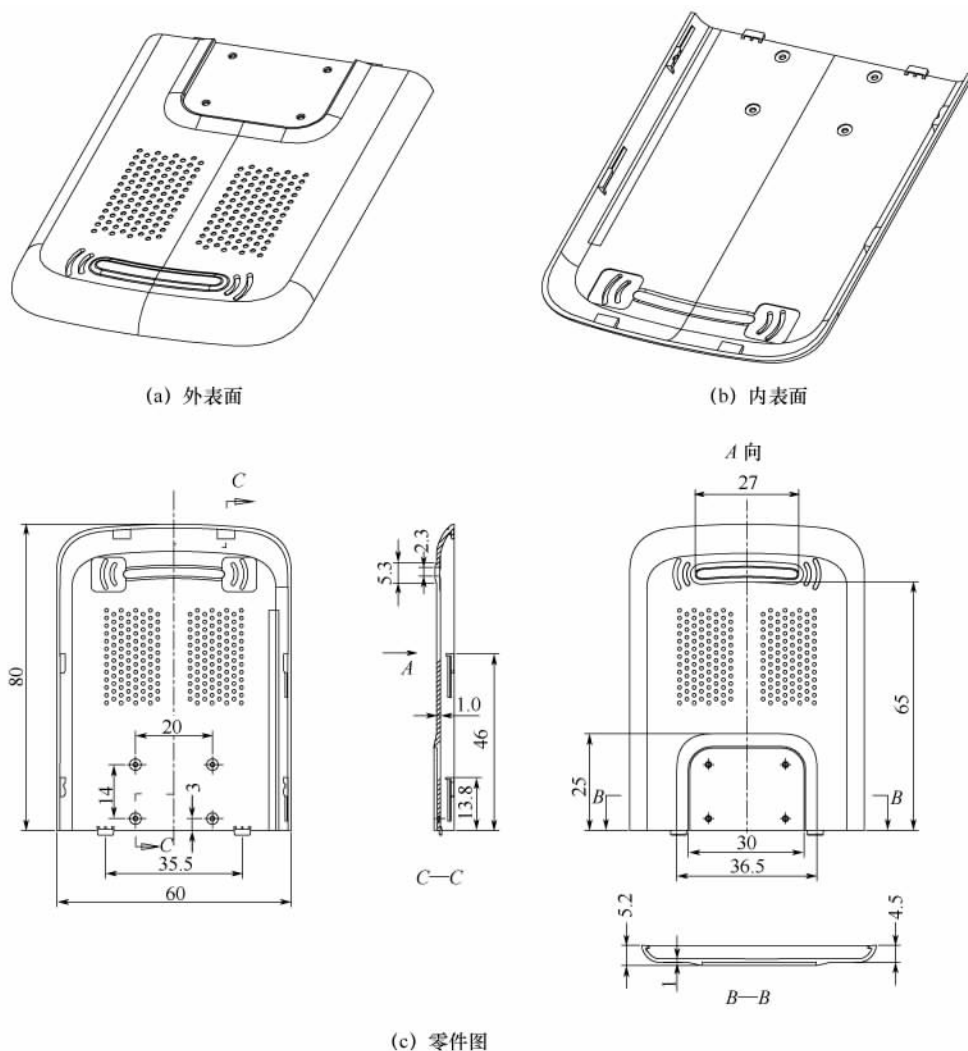


图 0-2 手机后盖

设计要求:

① 根据手机后盖的装配尺寸精度要求、外观质量要求及经济性,为其选择合适的塑料原材料。
② 根据产品功能分析、结构工艺分析,设计手机后盖并运用 UG 软件进行 3D 建模和输出 2D 工程图(AutoCAD)。

③ 确定手机后盖注射成型工艺参数,编写成型工艺卡片,并选择合适的注射机。

④ 手机后盖注射模具设计。

(二) 操作项目二 设计肥皂盒

操作项目二为设计肥皂盒,其零件图如图 0-3 所示,材料为聚丙烯(PP)。

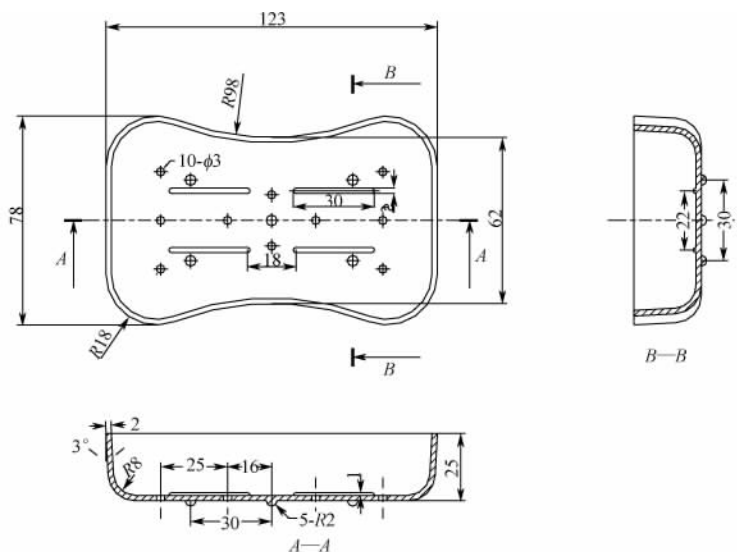


图 0-3 肥皂盒

设计要求:

- ① 分析塑件的结构工艺性。
- ② 初步确定肥皂盒注射成型工艺参数。
- ③ 确定肥皂盒注射模的结构方案。
- ④ 运用 UG 软件进行肥皂盒注射模具设计。

(三) 操作项目三 设计手机面板

操作项目三为设计图 0-4 所示的一款手机面板。



图 0-4 手机面板

设计要求:

- ① 分析塑件的结构工艺性。
- ② 初步确定该手机面板注射成型的各工艺参数。
- ③ 确定手机面板注射模的结构方案。
- ④ 运用 UG 软件进行手机面板注射模具设计。

几点说明:

- ① 设计过程中需要的零件文件,可选用本书配套教学资源中提供的手机后盖 3D 电子文档,也可由学生自行选择手机后盖进行 3D 建模和输出 2D 工程图(AutoCAD)。
- ② 由于本书后续相关模具设计均使用 UG 软件,所以建议以上操作选用 UG 软件进行。

模块一 塑料制品原材料的选用

【项目引导】

为绪论“操作项目一”中所述的手机后盖(见图 0-2)选定塑料原材料。

【项目分析】

1. 尺寸精度分析

手机后盖是手机的重要零部件,手机后盖的装配质量直接影响手机的整体品质和外观要求,所以手机后盖的尺寸精度要求较高。

2. 外观质量要求

手机后盖的外观质量直接影响手机的外观质量,因此手机后盖的外观质量要求是很高的。

3. 经济性分析

手机后盖塑料原材料的选择还要考虑经济成本因素,必须根据手机的档次、生产批量进行考虑。

根据以上三点分析,带着下述问题学习相关知识:应该选择何种塑料?是热固性塑料还是热塑性塑料?是通用塑料还是工程塑料?在选用塑料原材料时如何考虑产品的经济性?

【知识链接】

一、塑料的概念和组成

(一) 什么是塑料

塑料的主要成分是树脂。早期的树脂是从树木中分泌出的一种脂状物,如松香;也可以从一些昆虫中提取,如虫胶;还可以从石油中提取,如沥青等。这些是天然树脂,在塑料制品行业没有太多实际价值。

现在广泛应用于实际生产的树脂是一种聚合物,属于合成树脂。但塑料和聚合物是不同的,单纯的聚合物性能往往不能满足加工成型和实际使用的要求,一般不单独使用,只有在加入添加剂后在工业中才有使用价值。因此,塑料是以合成树脂为主要成分,再加入其他各种各样的添加剂(也称助剂)制成的。合成树脂决定了塑料制品的基本性能。其作用是将各种助剂黏结成一个整体。添加剂是为改善塑料的成型工艺性能、制品的使用性能或降低成本而加入的一些物质。

塑料中的添加剂品种很多,如填充剂、增塑剂、着色剂、稳定剂、固化剂、抗氧剂等。在塑料中,树脂虽然起决定性的作用,但添加剂也有着不可忽视的作用。

(二) 塑料的组成

1. 树脂

树脂在受热时软化,在外力作用下有流动倾向。它是塑料中最重要的成分,在塑料中起黏结作用,决定了塑料的类型和基本性能(如热性能、物理性能、化学性能、力学性能及电性能等)。

2. 添加剂

(1) 填充剂

填充剂又称填料,是塑料中的重要成分,但并非必不可少。填充剂与塑料中的其他成分机械混合,与树脂牢固胶粘在一起,但它们之间不发生化学反应。

在塑料中填充剂不仅可以减少树脂用量,降低塑料成本,而且能改善塑料某些性能,扩大塑料的使用范围。例如,在酚醛树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了成本;聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填充剂,便成为价格低廉且刚性强、耐热好的钙塑料;用玻璃纤维作为塑料的填充剂,可以大幅度提高塑料的力学性能;有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能,如导电性、导磁性、导热性等。

填充剂分为无机填充剂和有机填充剂。常用填充剂的形态有粉状、纤维状和片状三种。粉状填充剂有木料、纸浆、大理石、滑石粉、云母粉、石棉粉、石墨等。纤维状填充剂有棉花、亚麻、玻璃纤维、石棉纤维、碳纤维、硼纤维和金属须等。片状填充剂有纸张、棉布、麻布和玻璃布等。填充剂的含量通常为塑料的 40% 以下。

形态为球状、正方体状的填充剂通常可提高成型加工性能,但机械强度差,而鳞片状的填充剂则相反。粒子越细,对塑料制品的刚性、冲击性、拉伸强度、稳定性和外观等的改进作用越大。

(2) 增塑剂

增塑剂是能与树脂相溶的、低挥发性的高沸点有机化合物,能够增强塑料的可塑性和柔软性,改善其成型性能,降低刚性和脆性。其作用是降低聚合物分子间的作用力,使树脂高分子容易产生相对滑移,从而使塑料在较低的温度下具有良好的可塑性和柔软性。例如,聚氯乙烯树脂中加入邻苯二甲酸二丁酯,可变为像橡胶一样的软塑料。

但加入增塑剂在改善塑料成型加工性能的同时,有时也会降低树脂的某些性能,如塑料的稳定性、介电性能和机械强度等。因此,在塑料中应尽可能地降低增塑剂的含量,大多数塑料一般不添加增塑剂。

对增塑剂的要求包括:与树脂有良好的相溶性;挥发性弱,不易从塑件中析出;无毒、无色、无臭味;对光和热比较稳定;不吸湿。常用的增塑剂有邻苯二甲酸二丁酯、樟脑等。

(3) 着色剂

大多数合成树脂是白色半透明或无色透明的。为使塑件获得各种所需颜色,在工业生产中常常加入着色剂来改变合成树脂的本色。有些着色剂还能提高塑料的光稳定性和热稳定性。例如,本色聚甲醛塑料用炭黑着色后能在一定程度上防止光老化。

着色剂主要分颜料和染料两种。颜料是不能溶于普通溶剂的着色剂,所以要获得理想的着色性能,需要用机械方法将颜料均匀分散于塑料中。颜料按结构可分为有机颜料和无机颜料。无机颜料热稳定性、光稳定性优良,价格低,但着色力相对较差,相对密度大,如钠猩红、黄光硫靛红棕、颜料蓝、炭黑等。有机颜料着色力强,色泽鲜艳,色谱齐全,相对密度小,缺点是耐热性、耐候性和遮盖力不如无机颜料,如铬黄、氧化铬、铅粉末等。染料是可用于大多数溶剂和

被染色塑料的有机化合物,优点为密度小、着色力强、透明度好,但一般分子结构小,着色时易发生迁移。

对着色剂的一般要求包括:着色力强;与树脂有很好的相溶性;不与塑料中其他成分发生化学反应;性质稳定,成型过程中不因温度、压力变化而分解变色,而且在塑件的长期使用过程中能够保持稳定。

另外,需要指出的是,我们所看到的电子产品塑件的丰富多彩的颜色,如手机面板和后盖的亮丽色彩,大多并不是通过添加着色剂得到的,而是通过塑件注射成型后喷油(喷漆)得到的。

(4) 稳定剂

树脂在加工和使用过程中会产生老化或降解。所谓降解是指聚合物在热、力、氧、水、光、射线等作用下,大分子断链或化学结构发生有害变化的反应。为防止塑料在热、光、氧和霉菌等外界因素的作用下产生降解和交联,需要在聚合物中添加能够稳定其化学性质的添加剂,这类添加剂称为稳定剂。

稳定剂根据所发挥的作用的不同,可分为热稳定剂、光稳定剂和抗氧化剂。

① 热稳定剂:主要作用是抑止塑料成型过程中可能发生的热降解反应,保证塑料制件顺利成型并得到良好的质量。例如,有机锡化合物常用于聚氯乙烯,无毒,但价格高。

② 光稳定剂:为防止塑料在阳光、灯光和高能射线辐照下出现降解和性能降低而添加的物质。其种类有紫外线吸收剂、光屏蔽剂等。苯甲酸酯类及炭黑等常用做紫外线吸收剂。

③ 抗氧化剂:防止塑料在高温下氧化降解的添加物。酚类及胺类有机物常用做抗氧化剂。

在大多数塑料中都要添加稳定剂,稳定剂的含量一般为塑料的 0.3%~0.5%。

对稳定剂的要求包括:与树脂有很好的相溶性,对聚合物的稳定效果好,能耐水、耐油、耐化学药品腐蚀,并且在成型过程中不分解、挥发少、无色。

(5) 固化剂

固化剂又称硬化剂、交联剂,用于成型热固性塑料。线型高分子结构的合成树脂通过发生交联反应转变成体型高分子结构。添加固化剂的目的是促进交联反应。例如,在环氧树脂中加入乙二胺、三乙醇胺等。

此外,在塑料中还可加入一些其他的添加剂,如发泡剂、阻燃剂、防静电剂、导电剂和导磁剂等。阻燃剂可降低塑料的燃烧性。加入发泡剂可制成泡沫塑料。防静电剂可使塑件具有适度的导电性能,从而消除带静电的现象。并不是每一种塑料中都要加入所有这些添加剂,而是依塑料品种和塑件使用要求有选择地加入某些添加剂。

二、塑料的一般工艺特性

(一) 高聚物的高分子结构特点

塑料的主要成分树脂属于高分子聚合物,简称高聚物。其分子结构特点如下。

① 高分子含有的原子数很多。低分子含有的原子数都很少,如一个水分子 H_2O 含有 1 个氧原子和 2 个氢原子,酒精分子 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 含有 9 个原子,比较复杂的有机物三硬脂酸甘油酯 $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$ 也不过含有 173 个原子。高聚物则不同,一个高分子中含有几千个、几万个甚至几百万个原子。例如,尼龙分子中大约含有 4000 个原子,天然橡胶分子中大约含有 5 万~6 万个原子。

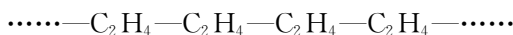
② 平均相对分子质量很大。一般的低分子物质的相对分子质量仅为几十至几百。例如,水的相对分子质量为 18,石灰石为 100,酒精为 46,蔗糖为 324。而高分子化合物的相对分子质量比低分子化合物高得多,一般为几万至几十万,有的甚至可达几百万、上千万。例如,尼龙分子的相对分子质量约为 2.3 万,天然橡胶的相对分子质量为 40 万。高聚物没有准确、固定的相对相对分子质量,因此只能采用平均相对分子质量来表述。例如,低密度聚乙烯的平均相对分子质量为 15 万~25 万,高密度聚乙烯的平均相对分子质量为 7 万~8 万。

③ 分子长度很长。例如,低分子乙烯的分子长度约为 $0.0005\mu\text{m}$,而高分子聚乙烯的分子长度则为 $6.8\mu\text{m}$,后者是前者的 13600 倍。

由此可见,高分子和低分子存在着如此悬殊的差异,使得高聚物具有许多与低分子化合物不同的特性。而同种或不同种高聚物由于相对分子质量的不同,其材料的性能也有很大的差异。

(二) 高聚物的分子结构

高聚物一般都是由一种或多种结构并不复杂的“基本单元”按照一定的排列方式,通过化学链重复连接而成的,犹如珍珠串链一样。例如,聚乙烯分子里的基本单元为 C_2H_4 ,每个聚乙烯分子里含有 n 个连接起来的基本单元:



这些基本单元 C_2H_4 称为链节,简写为 $n\text{CH}_2=\text{CH}_2\rightarrow$ 。聚乙烯分子中含有这种链节的数目 n 称为聚合度,表示高分子化合物中链节的重复次数。 n 越大,相对分子质量就越大。聚合物分子就是由许多链节构成的一个很长的分子链。其链状结构如一根细丝,易弯曲。分子之间的长链在无外力作用时呈自由卷曲状,相互交缠;在外力作用下发生相对移动和自由旋转,使聚合物具有一定的柔软性并富有弹性。高分子聚合物在受热时不像一般低分子物质那样有明显的熔点,因为从长链的一端加热到另一端需要时间,即需要经历一段软化的过程,这使聚合物具有了可塑性。高分子聚合物没有明确、固定的相对分子质量,因此只能采用平均相对分子质量来表述。高分子聚合物的相对分子质量不同,其材料的性能也存在着很大的差异。

聚合物的分子链结构有三种形式:线型、带有支链的线型、体型。如果聚合物的分子链呈不规则的线状(或者团状),聚合物是由一根根分子链组成的,则称为线型聚合物,如图 1-1(a)所示。在聚合物的大分子主链上带有一些或长或短的小支链,整个分子链呈枝状,如图 1-1(b)所示,称为带有支链的线型聚合物。如果在大分子的链之间还有一些短链把它们连接起来,形成立体网状结构,则称为体型聚合物,如图 1-1(c)所示。

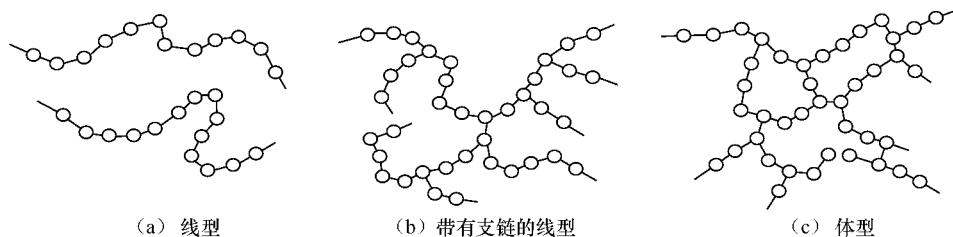
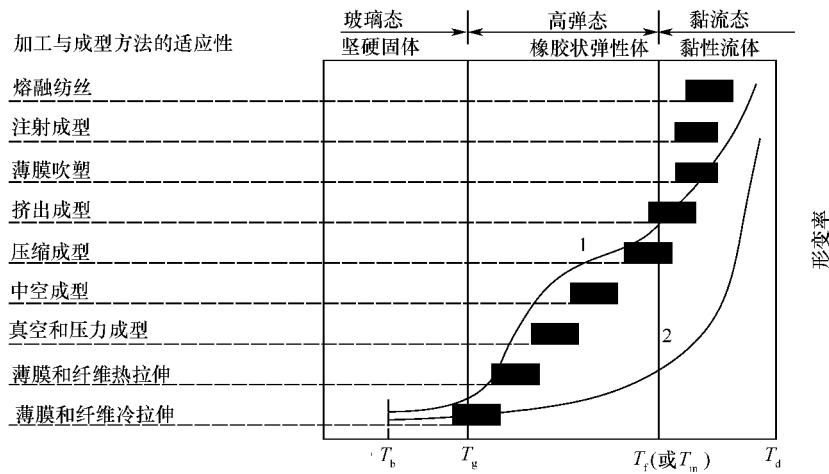


图 1-1 聚合物分子链结构示意图

(三) 聚合物加工性质

聚合物聚集态的多样性导致其成型加工的多样性。聚合物聚集态转变取决于聚合物的分子结构、体系的组成以及所受应力和环境温度。当聚合物及其组成一定时,聚集态的转变主要与温度有关。温度变化时,塑料的受力行为发生变化,呈现出不同的物理状态和力学性能特

点。如图 1-2 所示为线型无定型聚合物和完全线型结晶型聚合物受恒定压力时变形程度与温度的关系曲线,也称热力学曲线。



1—线型无定型聚合物；2—完全线型结晶型聚合物
图 1-2 聚合物的物理状态与温度及加工的关系

T_b 称为聚合物的脆化温度,是聚合物保持高分子力学特性的最低温度。

T_g 称为玻璃化温度,是聚合物从玻璃态转变为高弹态(或相反)的临界温度。

T_f 称为黏流温度,是无定型聚合物从高弹态转变为黏流态(或相反)的临界温度。

T_m 称为熔点,是结晶型聚合物由晶态转变为熔融态(或相反)的临界温度。

T_d 称为热分解温度,是聚合物在加热时高分子主链发生断裂开始分解的临界温度。

从图 1-2 中可以看出,线型无定型聚合物在受热时常存在三种物理状态:玻璃态(结晶型聚合物也称结晶态)、高弹态和黏流态。

1. 玻璃态

聚合物处于温度 T_g 以下的状态时,曲线基本是水平的,变形程度小,并且是可逆的,弹性模量较高,聚合物呈现刚性固体状,聚合物受力变形符合胡克定律,应力和应变成正比。处于玻璃态的聚合物可作为结构材料,能进行车、铣、锯、削、刨等机械加工。多数聚合物的玻璃化温度都高于室温,只有极少数聚合物的玻璃化温度低于室温,如高密度聚乙烯的玻璃化温度为 -80°C 。玻璃态是大多数聚合物的使用状态。 T_g 是多数聚合物使用温度的上限。 T_b 是聚合物使用温度的下限。当温度低于 T_b 时,聚合物在很小的外力作用下就会发生断裂,失去使用价值。从聚合物的使用角度来看, T_b 和 T_g 之间的范围显然越大越好。

2. 高弹态

当聚合物受热温度超过 T_g 时(T_g 至 T_f 之间),曲线开始急剧变化,聚合物进入柔软而富有弹性的高弹态。这时聚合物变形能力显著增强,弹性模量显著降低,但变形仍然具有可逆性。

在高弹态下,可进行弯曲、吹塑、真空成型、冲压等成型加工,成型后会产生较大的内应力。进行上述成型加工时,应考虑到高弹态具有的可逆性。由于高弹态形变比普弹态形变大一万倍左右,且属于对时间有依赖性的可逆形变,因此,必须将成型后的塑料制件迅速冷却到 T_g 以下,以保证得到符合产品质量要求的塑件。

3. 黏流态

当聚合物受热温度超过 T_f 时,分子热运动能量进一步增大,直至能解开分子链间的缠结

而发生整个大分子的滑移,变形迅速发展,聚合物开始有明显的流动,逐渐进入黏流态并变成液体,具有了流动性,通常称之为熔体。在这种状态下聚合物的变形不具有可逆性,一经成型和冷却后,其形状就能永久保持下来。

T_f 是塑料成型加工的最低温度,在这种黏流态下,聚合物熔体形变在不太大的外力作用下就能引起宏观流动,可进行注射、挤出、压注、纺丝等成型加工,成型后应力较小。

升高温度将使塑料的黏度大大降低,流动性增强,有利于塑料熔体充型。但不适当地增强流动容易导致诸如注射成型过程中的溢料、挤出成型塑件形状的扭曲、收缩和纺丝过程中纤维的毛细断裂等现象。当温度升高到分解温度 T_d 附近时,还会引起聚合物分解,以致降低塑件的物理力学性能或引起外观不良等缺陷。因此, T_f 和 T_d 可用来衡量聚合物的成型性能,温度区间大时,聚合物熔体的热稳定性好,可在较大的温度范围内受形和流动,不易发生热分解。 T_f 和 T_d 都是聚合物材料进行成型加工的重要参考温度。

三、聚合物在成型过程中的流动性能

(一) 聚合物流动特点

聚合物在一定的温度和压力条件下具有流动性,流体在平直圆管内流动的形式有层流和湍流两种,如图 1-3 所示。图 1-3(a)为层流,层流是一层层相邻的薄层液体沿外力作用方向进行的滑移。流体的质点沿着许多彼此平行的流层运动,同一流层以同一速度向前移动,各流层的速度虽不一定相等,但各流层之间不存在明显的相互影响。图 1-3(b)为湍流,又称紊流,流体的质点除向前运动外,各点速度的大小、方向都随时间而变化,质点的流线呈紊乱状态。层流和湍流以临界雷诺数(Re)来判定,一般 Re 小于 2100 时为层流,大于 4000 时为湍流。在成型过程中,聚合物熔体流动时的雷诺数常小于 10,聚合物分散体的雷诺数也不会大于 2100,所以其流动基本上属于层流。

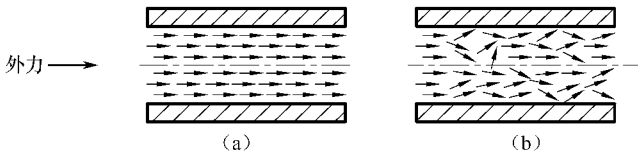
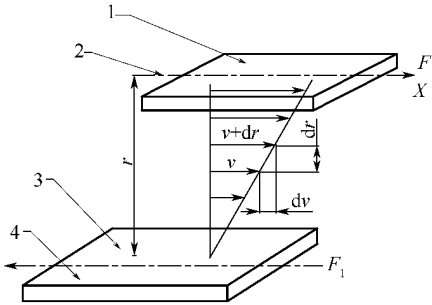


图 1-3 流体在平直圆管内流动

层流可以看成是一层层相邻的薄层流体沿外力作用方向进行的相对滑移,流层是完全平行、平直的平面。如图 1-4 所示是层流滑移示意图。 F 为外部作用于整个流体的恒定剪切力。



1—移动层; 2—管中心; 3—管壁; 4—固定层

图 1-4 层流滑移示意图

在剪切应力作用下发生的形变称为剪切应变 γ 。

$$\gamma = dx/dr$$

单位时间内的剪切应变则称为剪切速率,以 v 表示,单位为 s^{-1} 。

$$v = d\gamma/dt \quad (1-1)$$

切应力 τ 和剪切速率存在一定的关系:

$$\tau = \eta(dv/dr) = \eta(d\gamma/dt) = \eta v \quad (1-2)$$

式(1-2)称为牛顿流动定律或牛顿流变方程,液层单位面积上施加的切应力与液层间的剪切速率(速度梯度)成正比。 η 是一个比例常数,称为牛顿黏度,单位为 $Pa \cdot s$ 。它表征流体在外力作用下抵抗剪切变形的能力,仅与流体分子结构和温度有关,与剪切应力和剪切速率的变化无关。凡流动行为符合牛顿流动定律的流体统称为牛顿流体。

牛顿流动定律有一定的局限性,只适用于低分子化合物的液体或溶液。而对于聚合物熔体、分散体,只有聚碳酸酯、聚酰胺和聚对苯二甲酸乙二酯等少数聚合物熔体和牛顿流体相近,绝大多数聚合物熔体只是在剪切应力很小或很大时表现为牛顿流体。在成型过程中,聚合物熔体大多处于中等剪切速率范围($\dot{\gamma} = 10 \sim 10^4 s^{-1}$),流体的流动行为不遵从牛顿流动定律,即切应力与剪切速率不成正比,熔体的黏度也不再是一个常数,而是和剪切速率有关,通常把流动行为不符合牛顿流体定律的流体统称为非牛顿流体。

$$\begin{aligned} \tau &= \eta_a \dot{\gamma} \\ \eta_a &= K \dot{\gamma}^{n-1} \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中, η_a ——非牛顿黏度或表观黏度,单位为 $Pa \cdot s$;

K ——流体稠度,由实验测定, K 值越大,流体黏度越高;

n ——非牛顿指数,与聚合物和温度有关的常数,由实验测定,可反映聚合物熔体性质偏离牛顿流体性质的程度。

表观黏度 η_a 表征非牛顿流体抵抗外力引起的流动变形的能力,和牛顿黏度一样都是剪切黏度,但其不仅与流体本身性质和温度有关,还和剪切速率有关。

$n=1$ 时, $\eta_a = \eta$, 非牛顿流体转变为牛顿流体。 $n>1$ 时,非牛顿流体的黏度会随剪切速率的增大而升高,称之为膨胀性流体。它所表现的流动曲线是非直线的,属于这一类型的流体大多数是固体含量高的悬浮液,如含有增塑剂的塑料糊、少数有填料的塑料熔体等。 $n<1$ 时,非牛顿流体的黏度却会随剪切速率的增大而降低,称之为假塑性流体。这种流体是非牛顿流体中最为普通的一种,它所表现的流动曲线也是非直线的。多数聚合物的熔体(也是塑料成型中应用最多的一类物料)以及所有聚合物在良溶剂中形成的溶液,其流动行为都具有假塑性流体的特征。

(二) 影响黏度的主要因素

聚合物熔体的黏度不仅与聚合物的结构有关,而且与成型工艺有关。从成型工艺出发,黏度主要取决于温度、剪切速率及压力。

1. 温度对黏度的影响

温度与黏度的关系可用下式表示:

$$\eta = \eta_0 e^{a(T_0 - T)} \quad (1-4)$$

式中, η ——流体在温度 T 时的剪切黏度;

η_0 ——流体在某一基准温度 T_0 时的剪切黏度;

e ——自然对数的底;

α ——常数,由实验得出。在温度范围不大于 50°C 时,对大多数流体来说都是常数,超出此范围则变化较大。

式(1-4)对聚合物熔体、溶液都适用;对于剪切速率对黏度影响大的熔体,则只在剪切速率保持恒定时才成立。

通过调节温度可以改变高分子的加工性能。随着温度的升高,聚合物大分子的热运动加剧,分子间的距离增大,熔体黏度逐步降低。但不同熔体的黏度对温度的敏感程度并不相同。如图 1-5 所示为表观黏度与温度的关系。图中直线斜率越大,表示黏度对温度的敏感程度越大。从图中可以看出,醋酸纤维(CA)、聚苯乙烯(PS)比聚甲醛(POM)、聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)对温度更敏感,而聚丙烯(PP)熔体的黏度随温度变化不大。

对于表观黏度随温度变化不大的聚合物,在成型过程中不能仅通过提高加工温度来提高其流动性。因为即使温度升高幅度再大,其黏度降低也有限;而温度过高又会引起熔体降解,导致塑件的质量下降,同时成型设备等的损耗也较大。对于那些对温度敏感的塑料熔体,只要不超过分解温度,提高加工温度都能很快降低熔体黏度,提高熔体的流动性。但需要注意的是如果塑料黏度对温度非常敏感,那么成型过程中料筒、喷嘴或模具中任何微小的温度变化,都有可能使塑料熔体黏度发生较大的改变,从而也会影响塑件成型质量的稳定性。因此,要求注射机和模具都必须具有精度很高的温度调节系统。

2. 压力对黏度的影响

一般低分子物质的流体,其压缩性都很有限,压力的增加对其黏度的影响不大。但是对于聚合物熔体,由于其具有长链结构和分子链内旋转,熔体的可压缩性比普通流体大得多。尤其是聚合物成型时处在高压下,如注射成型时受压达 $35\sim 300\text{MPa}$,体积收缩较大,分子间作用力增大,聚合物熔体的黏度也随之增大,有些甚至会增大十倍以上,如当压力从 56MPa 升高到 183MPa 时,高密度聚乙烯黏度会增大 5.7 倍,而聚苯乙烯的黏度可增大 135 倍。聚合物熔体的黏度和其自身的分子结构有关。对于不同的聚合物熔体,其黏度对压力的敏感程度也不同。如图 1-6 所示是在应力与温度恒定时几种聚合物黏度和压力的关系。由图 1-6 可见,黏度与压力成正比。在成型时单纯依靠提高压力来增强聚合物熔体的充模能力是不合适的。因为压力增高,聚合物熔体的黏度增大,流动性降低,反而影响了其充模能力。同时过大的压力还会造成设备功率消耗过大,以及设备的过度磨损。

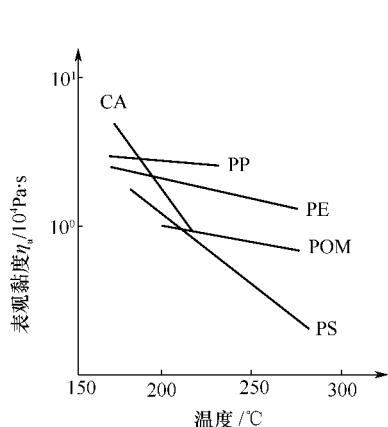
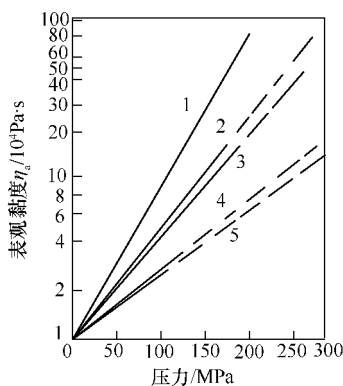


图 1-5 表观黏度与温度的关系



1—有机玻璃; 2—聚丙烯; 3—低密度聚乙烯;
4—尼龙; 5—共聚甲醛

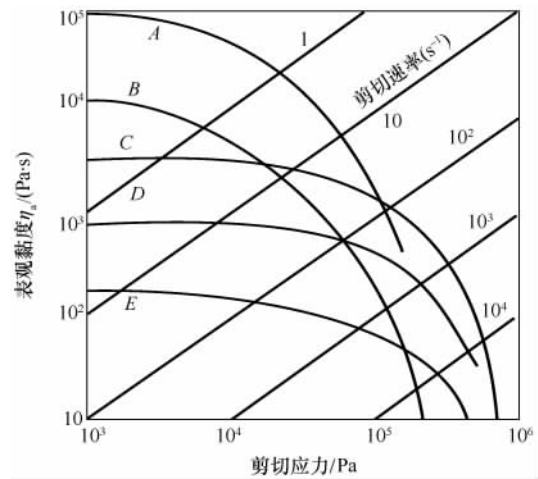
图 1-6 应力与温度恒定时聚合物黏度和压力的关系

实际生产中,压力和温度是共同作用的,增大压力和降低温度都可以使聚合物熔体的黏度降低,提高流动性,改善充模能力。在塑料正常的加工温度范围内,增加压力对黏度的影响和降低温度对黏度的影响具有相似性。这种在生产过程中通过改变压力和温度都能获得同样的黏度变化的效应称为压力—温度的等效应。例如,对于一些聚合物,当压力增加到 100MPa 时,熔体黏度的变化相当于温度下降 30~50℃。

一般在黏度不变的情况下,聚合物温度变化和压力变化的等效值为(0.3~0.9℃)/MPa,这一数值不依赖于相对分子质量。

3. 剪切速率对黏度的影响

多数聚合物的熔体属于非牛顿流体中的假塑性流体,黏度随剪切速率的增大而降低,不同种类的塑料对剪切速率的敏感程度也有差别。如图 1-7 所示为几种热塑性聚合物的表观黏度与剪切应力的关系。在聚合物成型中,对于黏度对剪切速率敏感的一类聚合物,如聚苯乙烯(PS)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)和聚氯乙烯(PVC)等,可以通过调整剪切速率来改变熔体的黏度。但需要注意的是,对剪切速率敏感程度高的熔体,剪切速率的波动对熔体的流动性影响大,会造成塑件质量的显著差别。提高剪切速率的方法有增大注射压力或减小浇口尺寸。对剪切速率不敏感的聚合物,如聚甲醛(POM)、聚碳酸酯(PC)和聚酰胺(PA)等,可通过调整对其黏度影响更大的其他工艺参数(温度、压力)来改变熔体的黏度。



A—低密度聚乙烯(170℃); B—乙丙共聚物(230℃); C—聚甲基丙烯酸甲酯(230℃);
D—甲醛共聚物(200℃); E—尼龙 66(285℃)

图 1-7 几种热塑性聚合物的表观黏度与剪切应力的关系

在聚合物成型加工中,一般塑料的剪切速率范围是固定的,表 1-1 列出了塑料在成型时的剪切速率范围。如何合理控制各种因素,使黏度保持在一个合理范围是成型加工中的关键。

表 1-1 塑料在成型时的剪切速率范围

熔体成型		糊塑料成型	
成型方法	剪切速率/s ⁻¹	成型方法	剪切速率/s ⁻¹
压缩模塑	1~10	涂层	102~103
注射模塑	103~105	浇铸与蘸浸	10
挤出	102~103	—	—

在一定的成型工艺条件下,黏度是描述塑料熔体在成型过程中流动与变形的最重要的参数,聚合物熔体黏度的大小直接影响塑料成型过程的难易。如果黏度过大,则塑件的大小受到限制,而且充型困难;如果黏度过小,则溢料现象严重,影响塑件的成型质量。生产中应根据聚合物的种类及性能,选择最佳成型温度、压力、剪切速率以及模具结构等工艺条件,以保证成型能在最佳条件下进行。

四、塑料的工艺性能

塑料与成型工艺、成型质量有关的各种性能,统称为塑料的工艺性能。塑料的工艺性能直接关系到塑料成型和塑件质量,同时也影响着模具的设计要求。下面分别介绍热塑性塑料和热固性塑料的主要工艺性能。

(一) 热塑性塑料的工艺性能

热塑性塑料的工艺性能除了热力学性能、结晶性、取向性外,还有收缩性、流动性、热敏性、水敏性、吸湿性、相容性等。

1. 收缩性

塑料通常在高温熔融状态下充满模具型腔而成型,当塑件从塑模中取出冷却到室温后,其尺寸会比原来在塑模中的尺寸减小,这种特性称为收缩性。它可用单位长度塑件收缩量的百分数来表示,即收缩率(S)。

由于这种收缩不仅是塑件本身的热胀冷缩造成的,而且还与各种成型工艺条件及模具因素有关,因此成型后塑件的收缩称为成型收缩。可以通过调整工艺参数或修改模具结构,改变塑件尺寸的变化情况。

成型收缩分为尺寸收缩和后收缩两种形式,两者都具有方向性。

① 塑件的尺寸收缩是指由于塑件的热胀冷缩以及塑件内部的物理、化学变化等原因,导致塑件脱模冷却到室温后发生的尺寸缩小现象。在设计模具的成型零部件时必须通过设计对尺寸收缩进行补偿,从而避免塑件尺寸出现超差。

② 塑件的后收缩是指塑件成型时,因其内部物理、化学及力学变化等因素产生一系列应力,塑件成型固化后存在残余应力,塑件脱模后各种残余应力的作用使塑件尺寸再次缩小的现象。通常,一般塑件脱模后 10h 内的后收缩较大,24h 后基本定型,但要达到最终定型,则需要很长时间。一般热塑性塑料的后收缩大于热固性塑料。注射和压注成型的塑件后收缩大于压缩成型的塑件。

为稳定塑件成型后的尺寸,有时根据塑料的性能及工艺要求,塑件在成型后需要进行热处理,热处理也会导致塑件的尺寸发生收缩,称为后处理收缩。在设计高精度塑件的模具时应补偿后收缩和后处理收缩产生的误差。

③ 塑件收缩的方向性。塑料在成型过程中高分子沿流动方向的取向效应会导致塑件的各向异性,塑件的收缩必然会因方向的不同而不同。通常沿料流的方向收缩大、强度高,而与料流垂直的方向收缩小、强度低。同时,由于塑件各个部位添加剂分布不均匀,密度不均匀,故收缩也不均匀,从而产生收缩差。这容易造成塑件翘曲、变形甚至开裂。

塑件成型收缩率分为实际收缩率与计算收缩率。实际收缩率表示模具或塑件在成型温度下的尺寸与塑件在常温下的尺寸之间的差别。计算收缩率则表示在常温下模具的尺寸与塑件的尺寸之间的差别。计算公式如下:

$$S' = \frac{L_c - L_s}{L_s} \times 100\% \quad (1-5)$$

$$S = \frac{L_m - L_s}{L_s} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中, S' ——实际收缩率;

S ——计算收缩率;

L_c ——塑件或模具在成型温度下的尺寸;

L_s ——塑件在常温下的尺寸;

L_m ——模具在常温下的尺寸。

因为实际收缩率与计算收缩率相差很小,所以在普通中、小模具设计中常采用计算收缩率来计算型腔及型芯等的尺寸。而在大型、精密模具设计中一般采用实际收缩率来计算型腔及型芯等的尺寸。

在实际成型时,不仅不同塑料品种的收缩率不同,而且同一品种塑料的不同批号或同一塑件的不同部位的收缩率也常不同。影响收缩率的主要因素有以下 4 个。

(1) 塑料的品种

各种塑料都有其各自的收缩率范围。即使是同一种塑料,由于相对分子质量、填料及配比等不同,其收缩率及各向异性也各不相同。

(2) 塑件结构

塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件数量及布局等,对收缩率有很大影响。一般塑件壁厚越大,收缩率越大;形状复杂的塑件的收缩率小于形状简单的塑件的收缩率;有嵌件的塑件因嵌件阻碍和激冷,导致收缩率减小。

(3) 模具结构

塑模的分型面、加压方向及浇注系统的结构形式、布局及尺寸等直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间,对收缩率及方向性影响很大,挤出和注射成型更为突出。

(4) 成型工艺条件

模具的温度、注射压力、保压时间等成型条件对塑件收缩率均有较大影响。模具温度高,熔料冷却慢,密度大,收缩率大。尤其是结晶塑料,因其体积变化大,故其收缩率更大。模具温度是否分布均匀也直接影响塑件各部分收缩量的大小和方向性。此外,注射压力高,熔料黏度小,脱模后弹性恢复大,收缩率减小。保压时间长则收缩率小,但方向性明显。

由于收缩率不是一个固定值,而是在一定范围内波动,收缩率的变化将引起塑件尺寸变化,因此,在模具设计时应根据塑料的收缩范围、塑件壁厚、形状、进料口形式、尺寸、位置成型因素等综合确定塑件各部位的收缩率。对精度高的塑件应选取收缩率波动范围小的塑料,并留有修模余地,试模后逐步修正模具,以达到塑件尺寸、精度要求。

2. 流动性

在成型过程中,塑料熔体在一定的温度、压力下充填模具型腔的能力称为塑料的流动性。塑料的流动性在很大程度上直接影响成型工艺的参数,如成型温度、压力、周期、模具浇注系统的尺寸及其他结构参数。在确定塑件大小和壁厚时,也要考虑流动性的影响。

流动性的大小与塑料的分子结构有关,具有线型分子而没有或很少有交联结构的树脂流动性大。塑料中加入填料,会降低树脂的流动性;而加入增塑剂或润滑剂,则可提高塑料的流动性。塑件合理的结构设计也可以改善流动性,如在流道和塑件的拐角处采用圆角结构,可以

改善熔体的流动性。

塑料的流动性对塑件质量、模具设计以及成型工艺影响很大。流动性差的塑料,不容易充满型腔,易产生缺料或熔接痕等缺陷,因此需要较大的成型压力才能成型。相反,流动性好的塑料,可以用较小的成型压力充满型腔。但流动性太好,会在成型时产生严重的溢料飞边。因此,在塑件成型过程中,选用塑件材料时,应根据塑件的结构、尺寸及成型方法选择流动性适当的塑料,以获得满意的塑件。此外,模具设计时应根据塑料流动性考虑分型面和浇注系统及进料方向,选择成型温度时也应考虑塑料的流动性。

塑料流动性的测定采用统一的方法,对热塑性塑料通常有熔融指数测定法和螺旋线长度试验法。熔融指数测定法是将被测塑料装入如图 1-8 所示的熔体流动速率测试仪内,在一定温度和负荷下,测定其熔体在 10min 内通过标准毛细管(直径为 2.09mm 的出料孔)的质量,该值称为熔融指数。它是反映塑料在熔融状态下流动性的一个量值,熔融指数越大,流动性越好。熔融指数的单位是 g/10min,通常以 MI 表示。

按照模具设计要求,热塑性塑料可分为以下三类:

① 流动性好的塑料,如聚酰胺、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素和聚甲基戊烯等。

② 流动性中等的塑料,如改性聚苯乙烯(HIPS)、ABS、AS、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛和氯化聚醚等。

③ 流动性差的塑料,如聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜和氟塑料等。

塑料流动性的影响因素主要有:

① 温度。料温高,则塑料流动性好,但料温对不同塑料的流动性影响各不相同,聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、聚甲基丙烯酸甲酯、ABS、AS、聚碳酸酯、醋酸纤维素等塑料的流动性受温度变化的影响较大,而聚乙烯、聚甲醛的流动性受温度变化的影响较小。

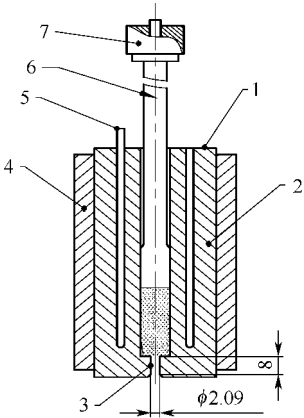
② 压力。注射压力大,则熔料受剪切作用大,流动性好,尤其是聚乙烯、聚甲醛对此十分敏感。但过高的压力会使塑件产生应力,并且会降低熔体黏度,形成飞边。

③ 模具结构。浇注系统的形式、尺寸、布置、型腔表面粗糙度、浇道截面厚度、型腔形式、排气系统和冷却系统设计、熔料流动阻力等因素都直接影响熔料的流动性。

凡是促使熔料温度降低、流动阻力增大的因素(如塑件壁厚太小,转角处采用尖角等),就会降低熔料的流动性。表 1-2 列出了成型方法与适宜的熔融指数。

表 1-2 成型方法与适宜的熔融指数

成型方法	产 品	所需材料的 MI	成型方法	产 品	所需材料的 MI
注射成型	瓶(玻璃状)	1~2	挤出成型	管材	<0.1
	胶片(流涎薄膜)	9~15		片材、薄壁管	0.1~0.5
	模压制件	1~2		薄片、单丝(纯)	0.5~1
	薄壁制件	3~6		电线、电缆	0.1~1



1—热电偶测温管; 2—料筒; 3—出料孔;
4—保温层; 5—加热棒; 6—柱塞;
7—重锤(重锤加柱塞共重 2160g)

图 1-8 熔体流动速率测试仪

3. 热敏性

各种塑料的化学结构在热量作用下均有可能发生变化,某些热稳定性差的塑料,在料温高和受热时间长的情况下就会发生降解、分解、变色,这种对热量的敏感程度称为塑料的热敏性。热敏性很强的塑料(即热稳定性很差的塑料)通常简称为热敏性塑料,如硬聚氯乙烯、聚三氟氯乙烯、聚甲醛等。这种塑料在成型过程中很容易在不太高的温度下发生热分解、热降解,或在受热时间较长的情况下发生过热降解,从而影响塑件的性能和表面质量。

热敏性塑料熔体在发生热分解或热降解时,会产生各种分解物,有的分解物会对人体、模具和设备产生刺激、腐蚀或带有一定毒性;有的分解物还是加速该塑料分解的催化剂,如聚氯乙烯分解产生氯化氢,能起到进一步加剧高分子分解的作用。

为了避免热敏性塑料在加工成型过程中发生热分解现象,在成型时,可在塑料中加入热稳定剂,也可采用合适的设备(螺杆式注射机),严格控制成型温度、模温、加热时间、螺杆转速及背压等。另外还要及时清除分解产物,设备和模具应采取防腐等措施。

4. 水敏性

塑料的水敏性是指塑料在高温、高压下对水降解的敏感性。例如,聚碳酸酯即是典型的水敏性塑料,即使含有少量水分,在高温、高压下也会发生分解。因此,水敏性塑料成型前必须严格控制水分含量,进行干燥处理。

5. 吸湿性

吸湿性是指塑料对水分的亲疏程度。根据吸湿性,塑料大致可分为两类:一类是具有吸水或黏附水分性能的塑料,如聚酰胺、聚碳酸酯、聚砜、ABS等;另一类是既不吸水也不易黏附水分的塑料,如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等。

凡是具有吸水倾向的塑料,如果在成型前水分没有去除,含量超过一定限度,那么在成型加工时,水分将会变为气体并促使塑料发生分解,导致塑料起泡和流动性降低,造成成型困难,而且使塑件的表面质量和机械性能降低。因此,为保证成型的顺利进行和塑件的质量,对吸水性和黏附水分倾向大的塑料,在成型前必须除去水分,进行干燥处理,必要时还应在注射机的料斗内设置红外线加热。

6. 相容性

相容性是指两种或两种以上不同品种的塑料,在熔融状态下不产生相分离现象的能力。如果两种塑料不相容,则混熔时制件会出现分层、脱皮等表面缺陷。不同塑料的相容性与其分子结构有一定关系,分子结构相似者较易相容,如高压聚乙烯、低压聚乙烯、聚丙烯彼此之间的混熔等;分子结构不同者较难相容,如聚乙烯和聚苯乙烯之间的混熔。塑料的相容性又称为共混性。通过塑料的这一性质,可以得到类似共聚物的综合性能,是改进塑料性能的重要途径之一。

(二) 热固性塑料的工艺性能

热固性塑料和热塑性塑料相比,塑件具有尺寸稳定性好、耐热性好和刚性大等特点。热固性塑料的工艺性能明显不同于热塑性塑料,其主要性能指标有收缩率、流动性、比容(比体积)与压缩率、水分和挥发物的含量、固化特性等。

1. 收缩率

同热塑性塑料一样,热固性塑料经成型冷却也会发生尺寸收缩,其收缩率的计算方法与热塑性塑料相同。产生收缩的主要原因有以下几个。

(1) 热收缩

热收缩是由于热胀冷缩而使塑件成型冷却后所产生的收缩。塑料的主要成分是树脂,其

线膨胀系数比钢材大几倍至几十倍,塑件从成型加工温度冷却到室温时,会产生远远大于模具尺寸收缩的收缩,收缩量可以用塑料的线膨胀系数来判断。热收缩与模具的温度成正比,是成型收缩中主要的收缩因素之一。

(2) 结构变化引起的收缩

热固性塑料在成型过程中由于发生了交联反应,分子由线型结构变为网状结构,分子链间距缩小,结构变得紧密,故产生了体积变化。这种由结构变化引起的收缩,在进行到一定程度时就不会继续产生了。

(3) 弹性恢复

塑件从模具中取出后,作用在塑件上的压力消失,由于塑件固化后并非刚性体,脱模时会产生弹性恢复,从而造成塑件体积的负收缩(膨胀)。在成型以玻璃纤维和布为填料的热固性塑料时,这种情况尤为明显。

(4) 塑性变形

塑件脱模时,成型压力迅速降低,但模壁紧压在塑件的周围,使其产生塑性变形。发生变形部分的收缩率比没有变形部分的大,因此塑件往往在平行于加压方向收缩较小,在垂直于加压方向收缩较大。为防止两个方向的收缩率相差过大,可采用迅速脱模的方法补救。

影响收缩率的因素与热塑性塑料也相同,有原材料、模具结构、成型方法及成型工艺条件等。塑料中树脂和填料的种类及含量,也直接影响收缩率。当所用树脂在固化反应中放出的低分子挥发物较多时,收缩率较大;放出的低分子挥发物较少时,收缩率较小。

凡有利于提高成型压力、增大塑料充模流动性、使塑件密实的模具结构,均能减小塑件的收缩率,如压缩或压注成型的塑件比注射成型的塑件收缩率小。凡能使塑件密实、成型前使低分子挥发物溢出的工艺因素,都能使塑件收缩率减小,如成型前对酚醛塑料的预热、加压等。

2. 流动性

流动性的意义与热塑性塑料的流动性类似,但热固性塑料的流动性通常以拉西格流动性来表示。

拉西格流动性试验法示意图如图 1-9 所示。将一定质量的欲测塑料预压成圆锭,将圆锭放入压模中,在一定温度和压力下,测定它从模孔中挤出的长度(粗糙部分不计在内),此即拉西格流动性。拉西格流动性的单位为 mm,其数值越大,则流动性越好;反之,则流动性越差。

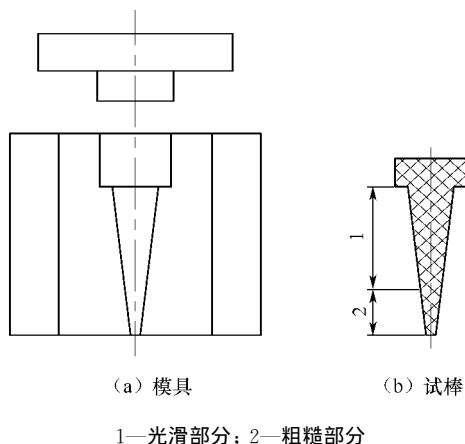


图 1-9 拉西格流动性试验法示意图

每一种塑料的流动性可分为三个不同等级：

① 拉西格流动性值为 100~131mm,用于压制无嵌件、形状简单、厚度一般的塑件。

② 拉西格流动性值为 131~150mm,用于压制中等复杂程度的塑件。

③ 拉西格流动性值为 150~180mm,用于压制结构复杂、型腔很深、嵌件较多的薄壁塑件或用于压注成型。

塑料的流动性除了与塑料性质有关外,还与模具结构、表面粗糙度、预热及成型工艺条件有关。

3. 比容(比体积)与压缩率

比容是单位质量的松散塑料所占的体积,单位 cm^3/g 。压缩率为塑料与塑件两者体积的比值,其值恒大于 1。比容与压缩率均表示粉状或短纤维塑料的松散程度,均可用来确定压缩模加料腔容积的大小。

比容和压缩率较大时,要求加料腔容积大,同时也说明塑料内充气多,排气困难,成型周期长,生产率低;比容和压缩率较小时,有利于压锭和压缩、压注。但比容太小,则以容积法装料会造成加料量不准确。各种塑料的比容和压缩率是不同的。同一种塑料,其比容和压缩率又因塑料形状、颗粒度及均匀性不同而异。

4. 水分和挥发物的含量

塑料中的水分和挥发物来自两方面,一是生产过程中遗留下来及成型之前在运输、保管期间吸收的,二是成型过程中化学反应产生的副产物。塑料中的水分和挥发物含量大,会促使流动性升高,易产生溢料,成型周期增长,收缩率增大,塑件易产生气泡、组织疏松、变形翘曲、波纹等缺陷。塑料中的水分和挥发物含量过小,会造成流动性降低,成型困难,同时也不利于压锭。

对于第一种来源的水分和挥发物,可在成型前进行预热干燥;而对于第二种来源的水分和挥发物(包括预热干燥时未除去的水分和挥发物),应在模具设计时采取相应措施(如开排气槽或压制操作时设排气工步等)。

水分和挥发物的含量,采用 $12 \pm 0.12\text{g}$ 实验用料在 $103 \sim 105^\circ\text{C}$ 烘箱中干燥 30min 后,测其前后质量差求得,其计算公式为:

$$X = \frac{\Delta m}{M} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中, X ——水分和挥发物的含量;

Δm ——塑料干燥的质量损失(g);

M ——塑料干燥前的质量(g)。

5. 固化特性

固化特性是热固性塑料特有的性能,是指热固性塑料成型时完成交联反应的过程。固化速度通常以塑料试样固化 1mm 厚度所需要的秒数来表示,单位为 s/mm ,数值越小,固化速度就越快。合理的固化速度不仅与塑料品种有关,而且与塑件形状、壁厚、模具温度和成型工艺条件有关,如采用预压的锭料、预热、提高成型温度、增加加压时间都能显著加快固化速度。此外,固化速度还应适应成型方法的要求。例如,压注或注射成型时,应要求在塑化、填充时交联反应慢,以保持长时间的流动状态;但当充满型腔后,在高温、高压下应快速固化。固化速度慢的塑料,会使成型周期变长,生产率降低;固化速度快的塑料,则不易成型大型复杂的塑件。

五、常用塑料

(一) 塑料的分类

塑料的品种很多,目前,世界上已制造出 300 多种可加工的塑料原料(包括改性塑料),常用的有 30 多种。塑料分类的方法也很多,常用的分类方法有以下两种。

1. 根据塑料中树脂的分子结构分类

(1) 热塑性塑料

热塑性塑料中树脂的分子结构呈线型或支链型,常称为线型聚合物。它在加热时可制成一定形状的塑件,冷却后保持已定型的形状。如再次加热,又可软化熔融,可再次制成一定形状的塑件,还可反复多次进行,具有可逆性。在上述成型过程中一般无化学变化,只有物理变化。由于热塑性塑料具有上述可逆的特性,因此在塑料加工中产生的边角料及废品可以回收粉碎成颗粒后掺入原料中利用。但是,这种可逆性的次数是有限的,塑料每回收熔化一次,其脆化温度 T_b 就会上升,则成型塑件的脆性就会增加,性能下降。因此,对于重要塑件一般不掺入回收料,即使是一般塑件,为保证塑件质量,掺入的回收料一般也不能超过 30%。

(2) 热固性塑料

热固性塑料在受热之初也具有链状或树枝状结构,同样具有可塑性和可熔性,可制成一定形状的塑件。当继续加热时,这些链状或树枝状分子主链间形成化学键结合,逐渐变成网状结构(称为交联反应)。当温度升高到一定值后,交联反应进一步进行,分子最终变为体型结构,成为既不熔化又不溶解的物质(称为固化)。当再次加热时,由于分子的链与链之间产生了化学反应,塑件形状固定下来不再变化。塑料不再具有可塑性,直到在很高的温度下被烧焦炭化,其具有不可逆性。在成型过程中,既有物理变化,又有化学变化。由于热固性塑料具有上述特性,故加工中的边角料和废品不可回收再利用。

显然,热固性塑料的耐热性能比热塑性塑料好。常用的酚醛、不饱和聚酯等均属于热固性塑料。

热塑性塑料常采用注射、挤出、吹塑等方法成型。热固性塑料常采用压缩成型,也可以采用注射成型。

塑料的主要成分是高分子聚合物,塑料常常用聚合物的名称命名,因此,塑料的名称大多烦琐,说与写均不方便,所以常用国际通用的英文缩写字母来表示。

2. 根据塑料性能及用途分类

(1) 通用塑料

通用塑料指的是产量大、用途广、价格低、性能普通的塑料,通常用做非结构材料。世界上公认的六大类通用塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料,其产量约占世界塑料总产量的 75%以上。

(2) 工程塑料

工程塑料是指能成型产品结构零件的塑料。除具有较高的机械强度外,这类塑料的耐磨性、耐腐蚀性、耐热性、自润滑性及尺寸稳定性等均比通用塑料优良。它们具有某些金属特性,因而在机械制造、轻工、电子、日用等工程技术部门得到广泛应用。

(3) 特殊塑料(功能塑料)

特殊塑料指那些具有特殊功能、适合某种特殊场合使用的塑料,主要有医用塑料、光敏塑料、导磁塑料、超导电塑料、耐辐射塑料、耐高温塑料等。其主要成分是树脂,有些是专门合成的树脂,也有一些是采用通用塑料和工程塑料用树脂进行特殊处理或改性后获得特殊性能。

这类塑料产量小,性能优异,价格昂贵。

随着塑料应用范围越来越广,工程塑料和通用塑料之间的界限已难以划分,而通用塑料经过改性,也具有工程塑料的性能,可作为结构零件使用,如改性聚苯乙烯(HIPS)可用做电子产品结构零件。

(二) 塑料的选用

1. 热塑性塑料

1) 聚乙烯(PE)

(1) 基本特性

聚乙烯塑料由乙烯单体经聚合而成,按聚合时采用的生产压力的高低可分为高压、中压和低压聚乙烯三种。低压聚乙烯又称高密度聚乙烯(HDPE),具有较高的刚性、强度和硬度,但柔韧性、透明性较差。高压聚乙烯又称低密度聚乙烯(LDPE),具有较好的柔软性、耐寒性、耐冲击性,但耐热、耐光、抗氧化能力差,易老化。

聚乙烯无毒、无味,外观上是白色蜡状固体,微显角质状,柔而韧,比水轻;除薄膜外,其他制品皆不透明;有一定的机械强度,但与其他塑料相比除冲击强度较高外,其他力学性能绝对值在塑料材料中都是较低的。聚乙烯有优良的介电绝缘性,介电性能稳定;化学稳定性好,能耐稀硫酸、稀硝酸及其他任何浓度的酸、碱、盐的侵蚀;除苯及汽油外,一般不溶于有机溶剂;其透水汽性能较差,而透氧气、二氧化碳及许多有机物质蒸气的性能好;聚乙烯极易燃烧,是最易燃烧的塑料品种之一。聚乙烯制品受到日光照射后,最终会老化变脆。聚乙烯的耐低温性能较好,在 -60°C 下仍具有较好的力学性能,但其使用温度不高,一般LDPE的使用温度在 80°C 左右,HDPE的使用温度在 100°C 左右。

(2) 主要用途

聚乙烯是产量最大、应用最广的塑料品种之一,高密度聚乙烯可用于制造塑料管、各种型材、单丝以及承载不高的零件,低密度聚乙烯常用于制造塑料薄膜、软管、塑料瓶以及电气工业的绝缘零件和电线、电缆包皮等。

(3) 成型特点

聚乙烯的成型加工是在熔融状态下进行的。成型时,收缩率大,在流动方向与垂直方向上的收缩差异大,易产生变形和缩孔。成型时的熔体温度一般高出聚乙烯熔融温度 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。它可采用多种成型加工,如注塑、挤出、中空吹塑、薄膜压延、大型中空制品滚塑、发泡成型等。聚乙烯质软易脱模,制品有浅的侧凹时可强行脱模。

2) 聚氯乙烯(PVC)

(1) 基本特性

聚氯乙烯树脂是白色或淡黄色的粉末,纯聚合物的透气性和透湿率都较低。硬聚氯乙烯不含或少含增塑剂,有较好的抗拉、抗弯、抗压和抗冲击性能;软聚氯乙烯含有较多的增塑剂,柔软性、断裂伸长率较好,但硬度、抗拉强度较低。聚氯乙烯有较好的电气绝缘性能,聚氯乙烯电性能受电场频率的影响,只可以用做低频绝缘材料。其化学稳定性也较好,但在现有的塑料材料中,聚氯乙烯是热稳定性较差的材料之一,对光及机械作用都比较敏感。

(2) 主要用途

聚氯乙烯是世界上产量最大的塑料品种之一。由于聚氯乙烯的化学稳定性好,所以可用于制造防腐管道等。聚氯乙烯电气绝缘性能优良,在电气、电子工业中用于制造插座、插头、开

关、电缆等。聚氯乙烯在日常生活中用于制造门窗框架、室内地板装饰材料、各种板材,以及家具、玩具、运动器材、包装涂层等。

(3) 成型特点

聚氯乙烯可以采用注塑、挤出、吹塑、压延、搪塑、发泡等成型工艺。聚氯乙烯在成型温度下容易分解,所以必须加入稳定剂和润滑剂,并严格控制温度及熔料的滞留时间。与一般热塑性塑料不同,聚氯乙烯原料通常是粉末状的,注射前必须造粒,才可加入注射机料斗。

3) 聚丙烯(PP)

(1) 基本特性

聚丙烯无味、无毒,外观似聚乙烯,呈白色的半透明蜡状,是通用塑料中最轻的聚合物。聚丙烯强度比聚乙烯高,特别是经定向后的聚丙烯具有极高的抗弯曲疲劳强度,可制造铰链。聚丙烯耐热性好,可在 $107\sim 121^{\circ}\text{C}$ 下长期使用,无外力作用时,使用温度可达 150°C 。聚丙烯是通用塑料中唯一能在水中煮沸且在 135°C 蒸汽中消毒而不被破坏的塑料,因此可用于制造医疗器具。聚丙烯不受环境湿度及电场频率改变的影响,是优良的介电和电绝缘材料。聚丙烯低温脆性明显。在有铜存在的情况下,很快发生氧化降解,使聚丙烯脆化(称为铜害作用),一般在聚丙烯中都要加入抑铜剂。

(2) 主要用途

聚丙烯可用于制造医疗器具,如注射器、盒、输液袋、输血工具;一般机械零件以及自带铰链、盖体合一的箱壳类制件,如汽车方向盘、蓄电池壳等。

(3) 成型特点

聚丙烯有良好的注塑成型工艺性,可以挤出成型管材、板材等型材,也可以挤成单丝,还可以挤出吹塑薄膜,特别是双轴拉伸薄膜。聚丙烯吸湿性弱,仅为 $0.01\%\sim 0.03\%$,成型加工前一般不需要对粒料进行干燥。聚丙烯受热时容易氧化降解,应尽量缩短受热时间,并尽量避免受热时与氧接触。

4) 聚苯乙烯(PS)

(1) 基本特性

聚苯乙烯是由苯乙烯聚合而成的,是无色、无味、无毒的透明刚性硬固体,具有优良的光学性能,易燃烧。聚苯乙烯易于着色,具有良好的电学性能,尤其是高频绝缘性。导热率较小,是较良好的绝热保温材料。聚苯乙烯在热塑性塑料中是典型的硬而脆塑料,并具有较高的热膨胀系数。近几十年来,发展了改性聚苯乙烯和以苯乙烯为基体的共聚物 HIPS(俗称不碎胶),扩大了聚苯乙烯的实际用途。

(2) 主要用途

聚苯乙烯由于价廉易得、透明、加工性能好、绝缘性优、易印刷与着色,所以用途广泛。在工业上,可用于制造仪器仪表零件、灯罩、透明模型、绝缘材料、接线盒、绝热保温材料、冷藏冷冻装置绝热层、建筑用绝热构件等。在日用品方面,可用于制造包装材料、装饰材料、各种容器、玩具等。HIPS 正越来越多地用于制造电子产品的重要塑件,如空调机外壳、低端手机面板及后盖、收音机和录音机外壳及玩具外壳等,有效降低了电子产品的成本。

(3) 成型特点

聚苯乙烯可以采用挤出、热成型、旋转模塑、吹塑、发泡等多种成型工艺,其中注塑、挤出、

发泡是最常采用的工艺方法。聚苯乙烯吸湿率很小,成型加工前一般不需要专门的干燥工序。流动性和成型性优良,成品率高,但容易产生内应力而出现裂纹。成型制品的脱模斜度不宜过小,顶出要均匀。由于热膨胀系数大,制品中不宜有嵌件。宜用高料温、低注射压力成型并延长注射时间,以防止缩孔及变形,但料温过高,容易出现银丝。因流动性好,模具设计中大多采用点浇口形式。

5) 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)

(1) 基本特性

ABS是由丙烯腈(A)、丁二烯(B)、苯乙烯(S)共聚生成的三元共聚物,外观上是淡黄色非晶态树脂,不透明。ABS具有良好的综合力学性能,俗称超不碎胶。丙烯腈使ABS有较好的耐热性、耐化学腐蚀性及较高的表面硬度;丁二烯使ABS具有良好的弹韧性、耐寒性以及较高的抗冲击强度和抗拉强度;苯乙烯使ABS具有良好的成型加工性、着色性和介电特性,使ABS制品的表面光洁。ABS有较高的机械强度和抗冲击强度,有一定的耐油性以及稳定的化学性能和电气性能。ABS具有可燃性,引燃后可缓慢燃烧。

(2) 主要用途

ABS具有良好的综合力学性能、精良的外观和优良的喷油着色性,多用于制造高档电子产品的塑料外壳,如高档音响设备、数码电子产品、高档运动器材和高档玩具等。

(3) 成型特点

ABS易吸水,成型加工前应进行干燥处理。注射是ABS最重要的成型方法,可采用柱塞式注射机。ABS在升温时黏度增高,易产生熔接痕,成型压力较高,塑料上的脱模斜度宜稍大。

6) 聚酰胺(PA)

(1) 基本特性

聚酰胺又称尼龙,无毒、无味,是白色或淡黄色的角质状固体。聚酰胺具有优良的力学性能,抗拉、抗压、耐磨。其抗冲击强度比一般塑料有显著提高,其中以尼龙66最优。作为机械零件材料,聚酰胺具有良好的消音效果和自润滑性能。聚酰胺还具有良好的耐化学性、气体透过性、耐油性和电性能。但当温度超过60℃时,性能下降明显,主要变化是发暗、变脆、力学性能下降。在100℃的户外环境下暴露,寿命仅为4~6周。炭黑是聚酰胺的有效防老化剂。聚酰胺是塑料中吸湿性最强的品种之一,收缩率大,常常因吸水而引起尺寸的变化。

(2) 主要用途

聚酰胺在工业上被广泛地用来制造轴承、齿轮等机械零件和降落伞、刷子、梳子、拉链、球拍等。

(3) 成型特点

聚酰胺吸湿性强,成型加工前必须充分干燥。聚酰胺常采用注塑成型和挤出成型,熔融黏度低,流动性好,注塑中会有流涎现象,容易产生飞边。易吸潮,制品尺寸变化大。成型时排出的热量多,模具上应设计冷却均匀的冷却回路。熔融状态的尼龙热稳定性较差,高温下易氧化降解,超过300℃就会分解,因此,不允许尼龙在高温料筒内停留时间过长。

7) 聚四氟乙烯(PTFE)

(1) 基本特性

聚四氟乙烯是较柔软的白色结晶型聚合物,是现有塑料材料中密度最大的品种。聚四氟

乙烯是典型的软而脆聚合物,刚度、硬度、强度都较小。受载时容易出现蠕变现象,是典型的具有冷流性的塑料。摩擦系数是现有塑料中最小的。具有极优良的耐高、低温性能,在 $-250\sim 260^{\circ}\text{C}$ 之间可长时间工作。具有优良的介电和电绝缘性,且基本上不受电场频率的影响。吸湿性极小,耐大气老化性很突出。

(2) 主要用途

聚四氟乙烯可用于制造防腐零部件和电线、电缆包覆外层,在印刷线路板中以覆铜层压板的形式应用。聚四氟乙烯还可用于制造各种密封圈、密封垫、活塞环、轴承、支撑滑块、导向环等。聚四氟乙烯也可以用于塑料加工及食品工业,以及制造医疗用高温消毒用品、外科手术的代用血管、消毒保护品、贵重药品包装、耐高温的蒸汽软管。

(3) 成型特点

聚四氟乙烯只能采用类似粉末冶金的方法加工,冷压成坯后再进行烧结,属于结晶型聚合物,结晶度大小对制品成型性能影响颇大。热导率较小,烧结时需要将冷压的坯料从室温升至较高的烧结温度,加热速率过快易造成部分材料过热分解。聚四氟乙烯分解会产生有毒气体氟。聚四氟乙烯线膨胀系数大,坯料加热至烧结温度以及热结后的制品冷却至室温,尺寸变化比较大。

8) 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)

(1) 基本特性

聚甲基丙烯酸甲酯俗称有机玻璃,又称亚加力,在热塑料中透明度是最高的,白光的穿透性高达92%。PMMA制品具有很低的双折射率和室温蠕变特性。随着负荷加大、时间增长,可产生应力开裂现象。PMMA具有较好的抗冲击特性,其密度只有无机玻璃的一半,抗冲击强度却是它的10倍。耐气候变化特性优良。黏度大,吸水性小,对制品的尺寸影响很大。表面强度不高,易划伤,质脆,易开裂。燃烧时无火焰,最大允许含水量为0.05%。

(2) 主要用途

PMMA主要应用于汽车工业(信号灯设备、仪表盘等)、医药行业(储血容器等)、工业应用(光盘、灯光散射器)、日用消费品(饮料杯、文具等)等。电子产品方面主要用于制造导光柱及低端照相机的镜头等。

(3) 成型特点

PMMA具有吸湿性,加工前必须进行干燥处理。PMMA黏度大,流动性稍差,因此必须高料温、高注射压力注塑成型,其中注射温度的影响大于注射压力,但注射压力提高,有利于改善产品的收缩率。注射温度范围较大,熔融温度为 160°C ,而分解温度达 270°C ,因此料温调节范围大,工艺性较好。从注射温度着手,可改善流动性;提高模温,可改善冷凝过程,克服抗冲击性差、耐磨性不好、易划伤、易脆裂等缺陷。

9) 聚碳酸酯(PC)

(1) 基本特性

聚碳酸酯是无色或微黄色透明的坚韧固体,俗称防弹胶。该聚合物透光率可达89%,无味、无毒,硬度大于聚甲基丙烯酸甲酯,作为透明材料,表面不易划伤。具有良好的综合力学性能,但耐疲劳性差,缺口敏感性较明显。耐热性能好,热变形温度和连续使用温度高于几乎所有的热塑性通用塑料。耐寒性强,脆化温度为 -100°C ,可以在 -70°C 条件下长时间工作。可

在较大温度范围内保持良好的电性能。有较强的氧化稳定性、耐臭氧性,但在潮湿环境及强烈日照条件下会产生表面裂纹并发暗。聚碳酸酯是良好的紫外光吸收剂,升高温度会使其老化加速。

(2) 主要用途

聚碳酸酯具有非常优越的机械性能,并具有透光性好的优良外观性能,所以通常用于制造高档计算机显示器、键盘、鼠标外壳和高端手机面板、后盖,也可制造耐冲击、耐热的防弹玻璃、高档室外灯具外壳。由于克服了聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)表面易划伤的缺陷,聚碳酸酯广泛用于生产树脂镜片。

(3) 成型特点

聚碳酸酯虽然吸水性小,但由于其在高温时对水较敏感,所以加工前必须干燥。可以采用注射、挤出、吹塑、旋塑、热成型和发泡等成型方法。熔融黏度对温度比较敏感,熔融黏度大,流动性低,成型时要求有较高的成型温度和压力。

10) 聚碳酸酯和丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物混合物(PC/ABS)

(1) 基本特性

PC/ABS 具有 PC 和 ABS 两者的综合特性,如 ABS 的易加工特性、PC 的优良机械特性和热稳定性。二者的比例影响 PC/ABS 材料的热稳定性。PC/ABS 这种混合材料还显示出了优良的流动特性。

(2) 主要用途

PC/ABS 由于兼顾了 PC 的优良机械性能和 ABS 的成型工艺性,现在广泛用于制造高档电子产品的外壳,如计算机机箱面板和侧板、显示器外壳、数码相机和摄像机外壳、手机面板和后盖等。

(3) 成型特点

PC/ABS 加工前必须进行干燥处理,湿度应小于 0.04%。熔化温度为 230~300℃。模具温度为 50~100℃。注射压力比 PC 相应降低,注射速度要求比较高。

11) 聚甲醛(POM)

(1) 基本特性

聚甲醛为白色粉末状固体或粒状固体,表面光滑且有光泽和滑腻感,硬而致密,呈现出半透明或不透明的特点。它的硬度大,弹性模量高,刚性好,冲击强度、弯曲强度和疲劳强度高,耐磨性优良,有较小的蠕变性和吸水性,所以俗称赛钢。聚甲醛的热分解温度较低,属热敏性塑料,最高连续使用温度不高。在室温下具有较好的耐溶剂性。在潮湿的环境中能保持尺寸和形状的稳定。聚甲醛的热稳定性和热氧稳定性差,耐候性不好,经大气老化后性能一般都要下降。

(2) 主要用途

PC/ABC 广泛应用于代替各种有色金属和合金制造汽车、机械、仪表、农机、化工等行业的各种零部件。

(3) 成型特点

聚甲醛吸湿性较小,水分对其成型工艺影响较小,一般可不干燥。聚甲醛最主要的加工方法是注射和挤出,还可以进行吹塑、焊接、机械加工、表面施彩等。聚甲醛熔融温度范围小,热稳定性差,加工温度不宜超过 250℃,熔体不宜在料筒中停留过长时间。在保证物料充分塑化

的条件下应尽量降低温度,并提高注射压力和速度,增强熔料充模能力。结晶度高,体积收缩率大,需要采用保压补料方式防止收缩。聚甲醛熔体凝固速度很快,会造成充模困难,以及制品表面出现褶皱、毛斑、熔接痕等缺陷。制品有浅的侧凹时可强行脱模。

12) 聚砜(PSF)

(1) 基本特性

聚砜是分子主链中含有支链的热塑性树脂,有聚芳砜和聚醚砜两种。PSF 是略带琥珀色非晶型透明或半透明聚合物,力学性能优异,刚性大,耐磨,耐高强度,在高温下保持优良的机械性能是其突出的优点。其工作温度范围为 $-100\sim 150^{\circ}\text{C}$,长期使用温度为 160°C ,短期使用温度为 190°C ,热稳定性高,耐水解,尺寸稳定性好,能进行一般机械加工和电镀。PSF 抗蠕变性能比聚碳酸酯还好。无毒,耐辐射,耐燃,有自熄性。在较大的温度和频率范围内有优良的电性能。化学稳定性好,在无机酸、碱的水溶液、醇、脂肪烃中不受影响,但对酮类、氯化烃不稳定,不宜在沸水中长期使用。耐紫外线和耐气候性较差,耐疲劳强度低。

(2) 主要用途

PSF 主要用于电子电气、食品和日用品、汽车、航空、医疗和一般工业等部门,制作各种接触器、接插件、变压器绝缘件、可控硅帽、绝缘套管、线圈骨架、接线柱、印刷电路板、轴套、罩、电视系统零件、电容器薄膜、电刷座、碱性蓄电池盒、电线和电缆包覆。PSF 还可用于制造防护罩元件、电动齿轮、蓄电池盖、飞机内外部零配件、宇航器外部防护罩、灯具部件、传感器。PSF 可代替玻璃和不锈钢制造蒸汽餐盘、咖啡盛器、微波烹调器、牛奶盛器、挤奶器部件、饮料和食品分配器。在卫生及医疗器械方面,PSF 可用于制造外科手术盘、喷雾器、加湿器、牙科器械、流量控制器、起槽器和实验室器械,也可用于镶牙。PSF 还可用于化工设备、食品加工设备、奶制品加工设备、环保控制传染设备。

(3) 成型特点

聚砜成型前要预干燥至水分含量小于 0.05% 。可进行注射、压缩、挤出、热成型、吹塑等成型加工。聚砜为非结晶型塑料,成型收缩率小,熔体黏度高。聚砜熔融料流动性差,对温度变化敏感,冷却速度快,控制黏度是加工关键,加工后宜进行热处理,消除内应力。聚砜可做成精密尺寸塑件。

2. 热固性塑料

1) 酚醛塑料(PF)

(1) 基本特性

酚醛塑料以酚醛树脂为基础制得,酚醛树脂本身很脆,呈琥珀玻璃态,没有明确的熔点,固体树脂可在一定温度范围内软化或熔化,能溶于酒精、丙酮、苯和甲苯,不溶于矿物油和植物油。刚性好,变形小,耐热,耐磨,能在 $150\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内长期使用,在水润滑条件下,有极低的摩擦系数。酚醛塑料有良好的电性能,它在常温下有较好的绝缘性能,是一种优良的工频绝缘材料。缺点是质脆,冲击强度低。

(2) 主要用途

酚醛塑料主要用于制造齿轮、轴瓦、导向轮、轴承、电器绝缘件、汽车电器和仪表零件。

(3) 成型特点

酚醛塑料的成型工艺主要有压缩成型、注射成型和压注成型。成型性能好,模温对流动性影响较大,一般当温度超过 160°C 时,流动性迅速变差;硬化时放出大量热,厚壁大型制品易发

生硬化不匀及过热现象。

2) 环氧树脂

(1) 基本特性

环氧树脂是含有环氧基的高分子化合物,具有很强的黏结能力,是人们熟悉的“万能胶”的主要成分。环氧树脂耐化学药品,耐热,有良好的电气绝缘性能,收缩率小,力学性能比酚醛树脂好。其缺点是耐气候性和耐冲击性差,质地脆。

(2) 主要用途

环氧树脂可用做金属和非金属材料的黏合剂,用来制造日常生活用品和文教用品,封闭各种电子元件,可在湿热条件下使用。可用环氧树脂配以石英粉等来浇铸各种模具。环氧树脂还可以作为各种产品的防腐涂料。

(3) 成型特点

环氧树脂的成型工艺主要有压缩成型和压注成型两种,流动性好,硬化速度快;用于浇注时,浇注前应加脱模剂,因为环氧树脂热刚性差,硬化收缩小,难于脱模;硬化时不析出任何副产物,成型时不需要排气。

3) 氨基塑料

氨基塑料由氨基化合物与醛类(主要是甲醛)经缩聚反应得到,主要有脲甲醛(UF)、三聚氰胺甲醛(MF)等。

(1) 基本特性

脲甲醛塑料是脲甲醛树脂和漂白纸浆等制成的压缩粉,着色性好,色泽鲜艳,外观光亮,无特殊气味,不怕电火花,有灭弧能力,防霉性良好,耐热、耐水性比酚醛塑料弱,在水中长期浸泡后电气绝缘性能会下降。三聚氰胺甲醛是由三聚氰胺甲醛树脂和石棉、滑石粉等制成的。着色性好,色泽鲜艳,外观光亮,无毒,耐弧性和点绝缘性良好,耐水、耐热性较强。在 $-20\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内性能变化小,质轻,不易碎,能耐茶、咖啡等污染性强的物质。

(2) 主要用途

脲甲醛用于制造日用品、航空设备和汽车的装饰件,以及电气照明用设备的零件、开关插座和电气绝缘零件。三聚氰胺甲醛主要用于制造餐具、航空茶杯、电器开关、灭弧罩及防爆电器等矿用电器的配件。

(3) 成型特点

氨基塑料含水分及挥发物多,使用前需要预热干燥。主要成型方法有压缩成型、压注成型,收缩率大,且成型时有弱酸性分解及水分析出,流动性好,硬化速度快。因此,预热及成型温度要适当,装料、合模及加工速度要快;带嵌件的塑件易产生应力集中,尺寸稳定性差。

3. 塑料原材料选用原则

塑料原材料品种很多,如何根据产品的使用要求正确选用合适的塑料原材料至关重要。塑料原材料的选用总体原则是,在满足产品使用性能的基础上,选用成本较低的塑料品种并兼顾塑料成型工艺性。主要从以下几个方面考虑。

(1) 满足产品使用的力学性能

塑件必须有足够的强度、刚度以保证产品在使用中安全可靠,如耐冲击性和耐磨性等。例如,电子产品外壳塑件必须具有一定的机械强度和刚度,以确保在承受一定外力时能保证产品

结构的稳定性和完整性,表面要求有一定的耐磨性,所以一般选用热塑性工程塑料,如 ABS、PC、PC+ABS 等。

(2) 满足塑件的尺寸精度

为了保证产品装配质量,要求塑件有比较高的装配精度。例如,电子产品的前、后盖装配缝隙大小和均匀程度直接影响产品质量。这类重要塑件应该选择收缩率较小的塑料品种,工程塑料中 ABS、PC、PC+ABS 等收缩率较小。

(3) 满足产品外观要求

现代电子产品如手机、笔记本电脑等都有比较高的外观质量要求,如要求外观时尚、色彩丰富等。这些塑件一般成型后需要进行喷漆处理,因此对塑件的着色性有较高的要求,工程塑料中的 ABS、PC、HIPS 具有较好的着色性。

(4) 考虑产品的经济性

随着电子产品的普及,电子产品的竞争也越来越激烈,降低生产成本是生产企业立于不败之地的重要手段,因此一些低端或普及性家电产品外壳普遍采用改性的通用塑料,如改性聚苯乙烯。

此外,还要适当考虑产品使用环境要求,如温度、湿度、防火和绝缘性能等。

【项目训练】

为绪论“操作项目”中所述的手机后盖(见图 0-2)选定塑料原材料牌号,从以下几个方面进行分析并写出调查分析报告。

1. 尺寸精度分析

为保证手机后盖尺寸精度,应如何选择塑料的种类和品种?

2. 外观质量要求

选择什么种类和品种的塑料有利于保证手机后盖外观质量?

3. 经济性分析

根据手机的高、中、低档次,分析有哪些塑料品种可以用于生产手机后盖,并做相应的调查。

【拓展训练】

调查分体空调挂机外壳、数码相机外壳、计算机面板、电视机外壳、遥控器电池盖、水杯、肥皂盒、饮料瓶、塑料水管等常见塑件的塑料原材料牌号,并列表分析。

模块二 塑料制品结构设计

【项目引导】

运用 UG 和 AutoCAD 软件对手机后盖进行结构设计。手机后盖零件图见图 0-2。

【设计要求】

- ① 运用 UG 软件对手机后盖进行 3D 建模。
- ② 将 UG 所建手机后盖 3D 模型转换成 2D 工程图输出,并在 AutoCAD 中进行手机后盖零件图输出。零件图要求规范,符合相关国家标准,参见图 0-2。

【项目分析】

- ① 塑胶电子产品的开发必须以市场为导向,因此市场调研结果是产品开发的依据。市场调研由营销部门和研发部门共同完成。
- ② 结构设计必须在市场调研的基础上进行适当的创新设计,主要内容是外观设计和具体结构设计。
- ③ 对于塑件,一般先进行 3D 建模,然后在此基础上转换并绘制工程图。
- ④ 根据塑件工程图设计注射模具。

【知识链接】

要想把塑料加工成满足要求的塑件,首先要选用合适的塑料原材料,同时还必须考虑塑件的结构工艺性。良好的塑件结构工艺性是获得合格塑件的基础,也是保证成型工艺顺利进行、提高产品质量和生产效率、降低生产成本、使成型加工达到经济合理的基本保证。

塑件主要是根据其使用要求进行设计,在满足使用要求的前提下,塑件的结构应尽可能使模具结构简化,符合成型工艺特点。在进行塑件结构工艺性设计时,要遵循以下几个原则:

- ① 塑料的材料选用应满足成型工艺性能,如收缩率、流动性等。
- ② 在满足使用性能的前提下,尽量使塑件结构简单,壁厚均匀,使用方便。
- ③ 设计模具的总体结构时,要使模具的型腔易于制造,尤其是抽芯和推出机构要简单。

塑件结构工艺性设计的主要内容包括塑件的尺寸及其精度、表面粗糙度、几何形状、螺纹、齿轮和嵌件。

一、塑件的尺寸及其精度

(一) 塑件的尺寸

塑件的总体尺寸取决于塑料的流动性。流动性好的塑料可以成型较大尺寸的塑件。对于

薄壁塑件或流动性差的塑料(如玻璃纤维增强塑料)进行注射成型和压注成型,塑件尺寸不宜过大,以免熔体不能充满型腔或形成熔接痕,影响塑件外观和结构强度。为保证成型良好,还应从成型工艺和塑件壁厚考虑,如提高成型温度、增加成型压力及增大塑件壁厚等。此外,注射成型的塑件尺寸受注射机的公称注射量、锁模力和模板尺寸的限制。

(二) 塑件尺寸精度

所获得的塑件尺寸与产品图中尺寸的符合程度,即所获得的塑件尺寸的准确度,就是塑件尺寸精度。精度的高低取决于成型工艺及使用的材料。在满足使用要求的前提下,应尽可能将塑件尺寸精度设计得低一些。

影响塑件尺寸精度的因素很多,一是模具制造精度;二是塑料收缩率的波动;三是在成型过程中,模具的磨损等原因造成模具尺寸不断变化,也会引起塑件尺寸变化;四是成型时工艺条件的变化、飞边厚度的变化以及脱模斜度都会影响塑件尺寸精度。

目前,我国尚没有全国统一的塑件尺寸精度和公差的标准,原第四机械工业部根据国内的塑料工业水平,制定了塑件公差数值表和塑件精度等级选用表,如表 2-1、表 2-2 所示。该标准可供设计塑件及模具时参考。

表 2-1 塑件公差数值表(SJ1372—1978)

公差尺寸 /mm	精 度 等 级							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	公 差 数 值/mm							
<3	0.04	0.06	0.08	0.12	0.16	0.24	0.32	0.48
3~6	0.05	0.07	0.08	0.14	0.18	0.28	0.36	0.56
6~10	0.06	0.08	0.10	0.16	0.20	0.32	0.40	0.61
10~14	0.07	0.09	0.12	0.18	0.22	0.36	0.44	0.72
14~18	0.08	0.10	0.12	0.20	0.24	0.40	0.48	0.80
18~24	0.09	0.11	0.14	0.22	0.28	0.44	0.56	0.88
24~30	0.10	0.12	0.16	0.24	0.32	0.48	0.64	0.96
30~40	0.11	0.13	0.18	0.26	0.36	0.52	0.72	1.04
40~50	0.12	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.80	1.20
50~65	0.13	0.16	0.22	0.32	0.46	0.64	0.92	1.40
65~80	0.14	0.19	0.26	0.38	0.52	0.76	1.04	1.60
80~100	0.16	0.22	0.30	0.44	0.60	0.88	1.20	1.80
100~120	0.18	0.25	0.34	0.50	0.68	1.00	1.36	2.00
120~140	—	0.28	0.38	0.56	0.76	1.12	1.52	2.22
140~160	—	0.31	0.42	0.62	0.84	1.24	1.68	2.40
160~180	—	0.34	0.46	0.68	0.92	1.36	1.84	2.70
180~200	—	0.37	0.50	0.74	1.00	1.50	2.00	3.00
200~225	—	0.41	0.56	0.82	1.10	1.64	2.20	3.30
225~250	—	0.45	0.62	0.90	1.20	1.80	2.40	3.60
250~280	—	0.50	0.68	1.00	1.30	2.00	2.60	4.00
280~315	—	0.55	0.74	1.10	1.40	2.20	2.80	4.40
315~355	—	0.60	0.82	1.20	1.60	2.40	3.20	4.80
355~400	—	0.65	0.90	1.30	1.80	2.60	3.60	5.20
400~450	—	0.70	1.00	1.40	2.00	2.80	4.00	5.60
450~500	—	0.80	1.10	1.60	2.20	3.20	4.40	6.40

表 2-2 塑件精度等级选用表(SJ1372—1978)

类别	塑 料 名 称	建议采用的精度等级		
		高精度	一般精度	低精度
1	聚苯乙烯 ABS 聚碳酸酯 聚砵 聚苯醚 聚甲基丙烯酸甲酯	3	4	5
2	聚酰胺 6、66、610、9、10 聚氯乙烯(硬)	4	5	6
3	聚甲醛 聚苯烯 聚乙烯(高密度)	5	6	7
4	聚氯乙烯(软) 聚乙烯(低密度)	6	7	8

按此标准,塑件的精度分为 8 个等级,其中 1、2 级属于精密技术级,只在特殊要求下使用;对于未注公差要求的自由尺寸,建议采用标准中的 8 级精度。表 2-1 中只列出了标准公差值,其基本尺寸的上、下偏差可根据塑件的配合性质进行分配。塑件上孔的公差采用基孔制,取表中数值并冠以“+”号;塑件上孔的公差采用基轴制,取表中数值并冠以“-”号,中心距及其他位置尺寸公差采用双向等值偏差,如孔 $\phi 300^{+1.2}$,轴 $\phi 300_{-1.2}$,中心距 300 ± 0.6 。

塑件的尺寸精度与塑料品种有关。根据塑料品种不同,各种塑料的精度等级可分为高精度、一般精度和低精度三个等级(表 2-2)。表 2-2 中未被列出的塑料,可根据塑件成型后的尺寸稳定性参照表 2-2 选择精度等级。选择精度等级时,应考虑脱模斜度对尺寸公差的影响。

工程塑件尺寸公差也可参照标准 GB/T 14486—1993《工程塑料模塑塑料件尺寸公差》确定,塑件尺寸公差的代号为 MT,公差等级分为 7 级。该标准规定了热固性和热塑性工程塑料成型塑件的尺寸公差。

二、塑件的表面粗糙度

在正常工艺条件下,塑件的表面质量主要取决于模具成型零件的表面粗糙度。通常,塑件的外表面由模具的型腔(凹模)形成,内表面则由模具的型芯(凸模)形成。通常,塑件的外表面质量要求比较高,所以相应的型腔(凹模)表面粗糙度要求比较高,如手机面板和后盖模具,要求其型腔(凹模)进行抛光至镜面水平(要求 $Ra0.05$ 以下)。需要加以说明的是,有些电子产品塑件外壳由于外观需要,做成蚀纹咬花面,这时也需要对模具型腔进行镜面抛光,然后再对型腔进行蚀纹咬花处理。而塑件的内表面通常要求较低,所以相应的型芯(凸模)的表面粗糙度可以适当降低。但对透明的塑件要求模具的型腔和型芯表面粗糙度相同。例如,某些计算机的外壳塑件是透明的,这就要求型腔和型芯都抛光至镜面要求。

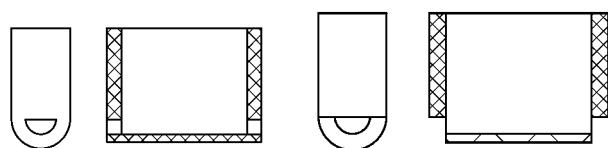
需要注意的是,在成型过程中,模具型腔磨损会使模具表面粗糙度不断增大,从而使塑件表面粗糙度增大,所以模具在使用一段时间后应进行抛光复原。

三、塑件的几何形状

塑件的内、外表面形状应在满足使用要求的前提下尽可能易于成型,同时有利于模具结构简化。塑件的几何形状与成型方法、模具结构、脱模以及塑件质量等均有密切关系。

(一) 塑件的形状

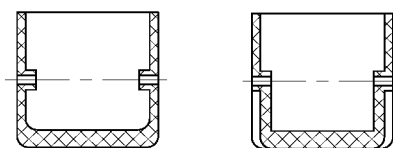
塑件的内、外表面形状应易于成型。塑件应尽量避免侧孔、侧凹或与塑件脱模方向垂直的孔,以避免模具采用侧向分型抽芯机构或者瓣合凹模(凸模)结构,否则因设置这些机构而使模具结构复杂,不但提高了模具的制造成本,而且会在塑件上留下分型面线痕,增加了去除塑件飞边的修整量。如果塑件有成型侧孔和凸凹结构,可在塑件满足使用要求的前提下,对塑件结构进行适当的修改。例如,图 2-1(a)所示的结构需要侧抽芯机构,改为图 2-1(b)所示的结构后,取消了侧孔,不需要侧抽芯机构。图 2-2(a)中的塑件内部表面有凹台,改为图 2-2(b)所示的结构后,取消了凹台,便于脱模。图 2-3(a)所示塑件的内侧有凸起,需要采用瓣合凹模,塑件模具结构复杂,塑件表面有接缝,改为图 2-3(b)所示的结构后,取消了塑件上的侧凹结构,模具结构简单。图 2-4(a)所示塑件在取出前,必须先由抽芯机构抽出侧型芯,然后才能取出,模具结构复杂,改为图 2-4(b)所示的侧孔形式后,不需要侧向型芯,模具结构简单。



(a) 原结构

(b) 改进后的结构

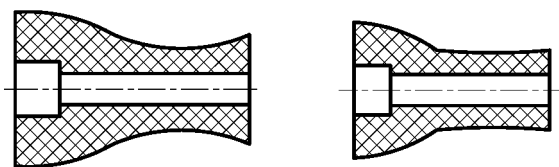
图 2-1 无须采用侧抽芯机构成型的孔结构



(a) 原结构

(b) 改进后的结构

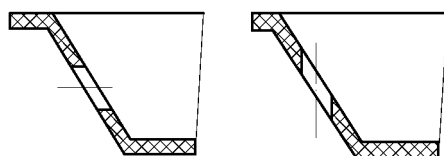
图 2-2 塑件内侧表面形状



(a) 原结构

(b) 改进后的结构

图 2-3 避免塑件上不必要的侧凹结构



(a) 原结构

(b) 改进后的结构

图 2-4 具有侧孔的塑件

当塑件侧壁的凹槽(或凸台)深度(或高度)较小并带有圆角时,可采用整体式凸模或凹模结构,利用塑料在脱模温度下具有足够弹性的特点,采用强制脱模的方式将塑件脱出。如图 2-5 所示,塑件有内凹和外凸,塑件侧凹深度必须在要求的合理范围内,同时将凹凸起伏处设计为圆角或斜面过渡结构。当成型塑件的塑料为聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛这类具有足够弹性的塑料时,模具均可采取强制脱模方式。但多数情况下,带侧凹的塑件不宜采用强制脱模方式,以免损坏塑件。

塑件的形状还应有利于提高塑件的强度和刚度。薄壳状塑件可设计成球面或拱形曲面。例如,容器盖或底设计成图 2-6 所示的形状,可以有效地增强刚性,减少变形。

薄壁容器的边缘是强度、刚度薄弱处,易于开裂、变形、损坏,设计成图 2-7 所示的形状可增强刚性,减少变形。

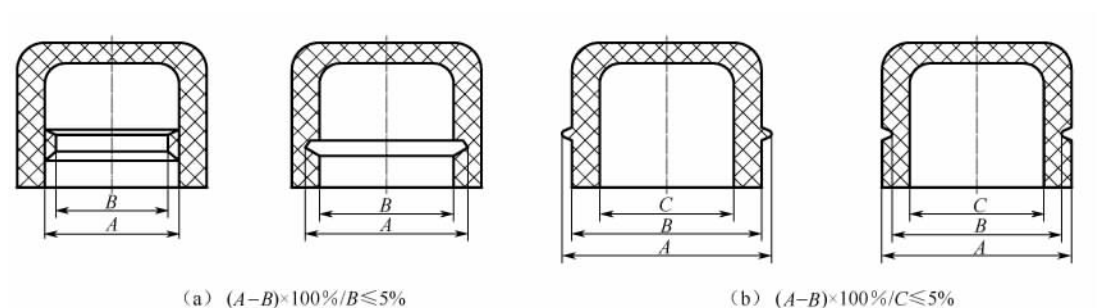


图 2-5 可强制脱模的浅侧凹、凸结构

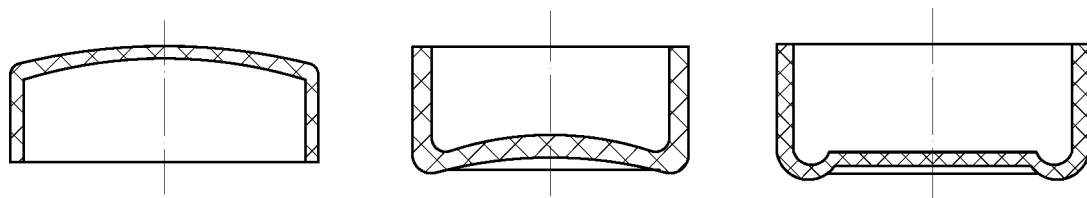


图 2-6 容器盖、底的设计

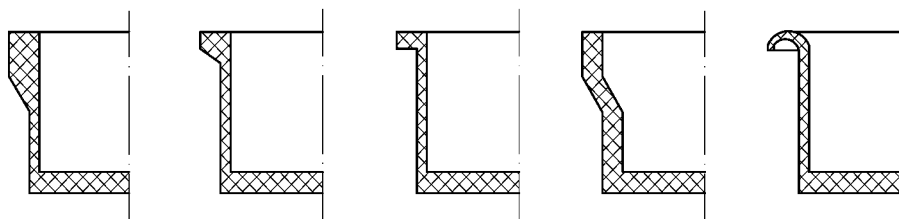


图 2-7 容器边缘的增强设计

紧固用的凸耳或台阶应有足够的强度,以承受紧固时的作用力。应避免台阶突然过渡和支撑面过小,凸耳应用加强筋加强,如图 2-8 所示。当塑件较大、较高时,可在其内壁及外壁设计纵向圆柱、沟槽或波纹状的增强结构。如图 2-9 所示为局部加厚侧壁、预防侧壁翘曲的情况。

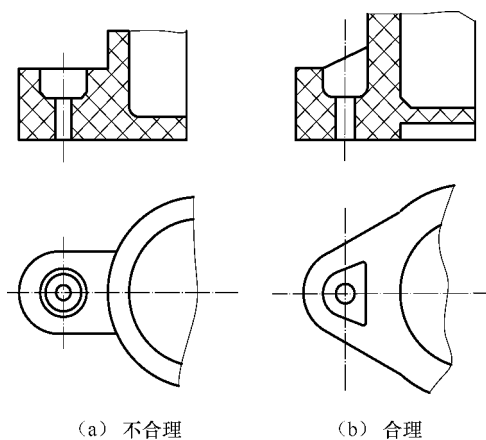


图 2-8 塑件紧固用的凸耳

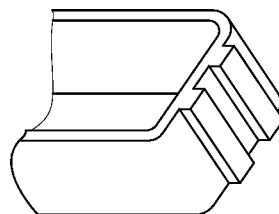


图 2-9 局部加厚侧壁

一些软塑料(如聚乙烯)矩形薄壁容器成型后内凹翘曲,如图 2-10(a)所示。应采取的预防措施是将塑件侧壁设计成稍微外凸,待内凹后刚好平直,如图 2-10(b)所示。如图 2-10(c)所

示,在满足使用要求的前提下将塑件各边均设计成弧形,从而使塑件不易产生翘曲变形。

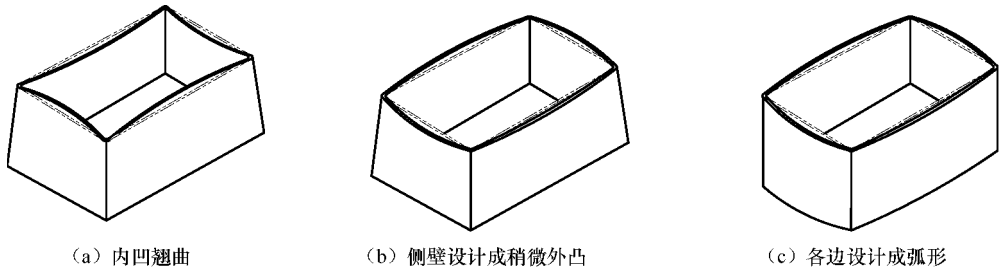


图 2-10 防止矩形薄壁容器内凹翘曲

此外,塑件的形状还应考虑分型面位置有利于飞边和毛刺的去除。

综上所述,塑件的形状必须便于成型的顺利进行,简化模具结构,有利于提高生产率和确保塑件质量。

(二) 塑件壁厚

塑件壁厚是否合理直接影响塑件的使用及成型质量。壁厚不仅要满足在使用时有足够的强度和刚度,在装配时能够承载紧固力;而且要满足成型时熔体能够充满型腔,在脱模时能够承受脱模机构的冲击和振动。但壁厚也不能过大,过大会浪费塑料原料,增加塑件成本;同时也增加成型时间和冷却时间,延长成型周期;还容易产生气泡、缩孔、凹痕、翘曲等缺陷,在热固性塑料成型时还可能造成固化不足。

塑件壁厚主要取决于塑料品种、塑件大小以及成型条件。热固性塑件可参考表 2-3 列出的壁厚推荐值,热塑性塑件可参考表 2-4 列出的最小壁厚及常用壁厚推荐值。

表 2-3 部分热固性塑件的壁厚推荐值 单位:mm

塑件材料	塑件外形高度		
	<50	50~100	>100
粉状填料的酚醛塑料	0.7~2.0	2.0~3.0	5.0~6.5
纤维状填料的酚醛塑料	1.5~2.0	2.5~3.5	6.0~8.0
氨基塑料	1.0	1.3~2.0	3.0~4.0
聚酯玻璃纤维填料的塑料	1.0~2.0	2.4~3.2	>4.8
聚酯无机物填料的塑料	1.0~2.0	3.2~4.8	>4.8

表 2-4 部分热塑性塑件的最小壁厚及常用壁厚推荐值 单位:mm

塑件材料	最小壁厚	小型塑件壁厚	中型塑件壁厚	大型塑件壁厚
尼龙	0.45	0.76	1.5	2.4~3.2
聚乙烯	0.6	1.25	1.6	2.4~3.2
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
改性聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2~5.4
有机玻璃(372#)	0.8	1.5	2.2	4~6.5
硬聚氯乙烯	1.2	1.60	1.8	4.2~5.4
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
氯化聚醚	0.9	1.35	1.8	2.5~3.4

同一塑件的各部分壁厚应尽可能均匀一致,避免截面厚薄悬殊的设计,否则会因为固化或冷却速度不同引起收缩不均匀,从而在塑件内部产生内应力,导致塑件产生翘曲、缩孔甚至开裂等缺陷。如图 2-11(a)所示为结构不合理的设计,如图 2-11(b)所示为结构合理的设计。当无法避免壁厚不均时,可做成倾斜的形状,如图 2-12 所示,使壁厚逐渐过渡,但不同壁厚的比例不应超过 1 : 3。当壁厚相差过大时,可将塑件分解,即将一个塑件设计为两个塑件,分别成型,然后黏合成为制品,在不得已时才采用这种方法。

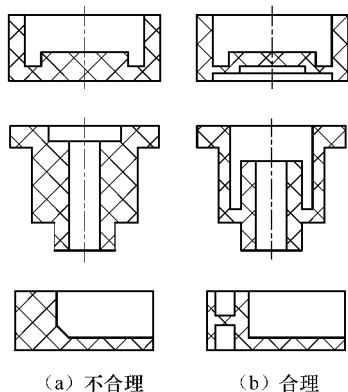


图 2-11 塑件壁厚设计

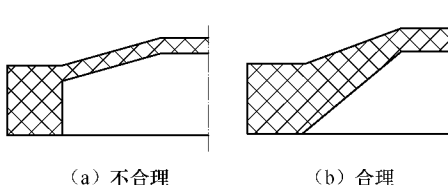


图 2-12 塑件的不均匀壁厚

(三) 脱模斜度

塑件成型后由于冷却而产生收缩,会紧紧包住模具型芯或型腔中凸出的部分。为便于塑件从模具中脱出,防止脱模时塑件的表面被擦伤和推顶变形,与脱模方向平行的塑件内、外表面应有足够的斜度,即脱模斜度,如图 2-13 所示。脱模斜度的表示方法有三种,即线性尺寸标注法、角度标注法、比例标注法,如图 2-14 所示。

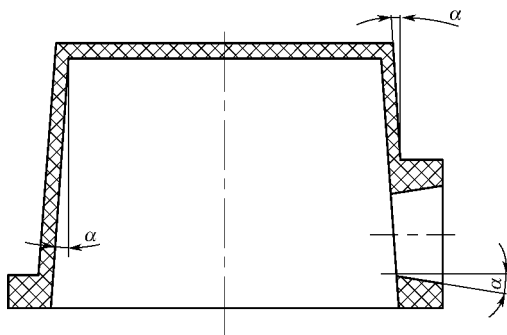


图 2-13 脱模斜度

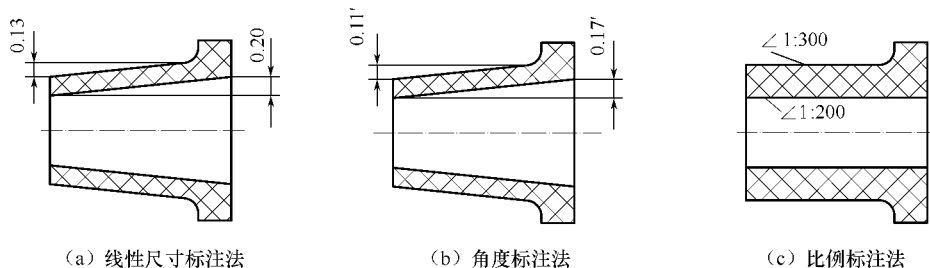


图 2-14 脱模斜度的表示方法

脱模斜度的大小主要取决于塑料的收缩率、塑件的形状和壁厚以及塑件的部位。常用塑件脱模斜度可参照表 2-5 取值。

表 2-5 常用塑件脱模斜度

塑 料 材 料	脱 模 斜 度	
	型腔	型芯
聚乙烯、聚苯烯、软聚氯乙烯、聚酰胺、氯化聚醚	25'~45'	20'~45'
硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚砷	35'~45'	30'~50'
有机玻璃、聚苯乙烯、聚甲醛、ABS	35'~1030'	30'~40'
热固性塑料	25'~40'	20'~50'

注：本表所列脱模斜度适用于开模后塑件留在凸模上的情形。

脱模斜度的大小在设计时应根据具体情况而定。一般来说，塑件高度在 25mm 以下者可不考虑脱模斜度。但是，如果塑件结构复杂，即使脱模高度仅几毫米，也必须设计脱模斜度。当塑件有特性要求时，外表面脱模斜度可小至 5'，内表面脱模斜度可小至 10'~20'。

对于较脆、较硬的塑料，为有利于脱模，脱模斜度可大一些。塑料收缩率大时，应选用较大的脱模斜度。热固性塑料收缩率一般比热塑性塑料小，故脱模斜度相应小一些。厚壁塑件成型收缩大，脱模斜度也应较大。对于较长、较大的塑件，应选用较小的脱模斜度。塑件形状复杂或精度要求较高时，应采用较小的脱模斜度。侧壁带有皮革花纹时，应选用 4°~6°的脱模斜度。开模时，为了让塑件留在凸模上，往往减小凸模的脱模斜度而增大凹模的脱模斜度。塑件上凸起或加强筋单边应有 4°~5°的脱模斜度。

(四) 塑件的加强筋

在塑件适当的位置上设置加强筋，可以在不增加塑件壁厚的情况下提高塑件的强度和刚度，防止塑件变形。如图 2-15 所示为加强筋的设计。图 2-15(a)中的壁厚大而不均匀；图 2-15(b)中采用加强筋，壁厚均匀，既省料，又提高了强度和刚度，避免了气泡、缩孔、凹痕、翘曲等缺陷。图 2-15(c)中凸台强度薄弱；图 2-15(d)中增设了加强筋，提高了强度，同时改善了料流状况。

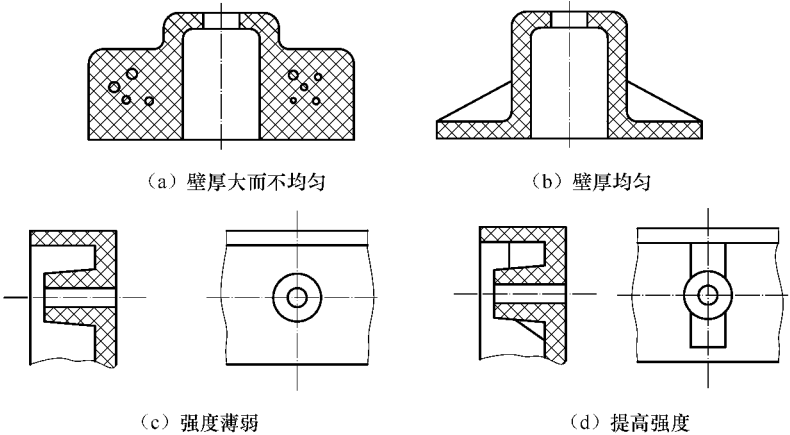


图 2-15 加强筋的设计

加强筋的尺寸如图 2-16 所示。

高度： $L=(1\sim3)t$

筋条厚度： $A=(0.5\sim0.7)t$

筋根过渡圆角: $R=(1/8\sim 1/4)t$

收缩角: $\alpha=2^{\circ}\sim 5^{\circ}$

筋端部圆角: $r=t/8$

当 $t\leq 2\text{mm}$ 时, 取 $A=t$ 。

加强筋的设置原则如下:

① 加强筋的侧壁必须有足够的斜度, 底部与壁连接应采用圆弧过渡, 以防外力作用时, 产生应力集中而被破坏。

② 加强筋厚度小于壁厚, 否则壁面会因筋根部的厚壁缩孔而产生凹陷。

③ 加强筋不宜过高, 以免筋部受力破损。为了得到较好的增强效果, 以设计矮一些、多一些为好。若能将若干个小筋连成栅格, 则能显著提高强度。

④ 加强筋的设置方向除应与受力方向一致外, 还应尽可能与熔体流动方向一致, 以免料流受到扰乱, 使塑件的韧性降低。

⑤ 加强筋之间的中心距应大于两倍壁厚, 且加强筋的端面不应与塑件支撑面平齐, 应留有一定间隙, 否则会影响塑件使用, 如图 2-17 所示。

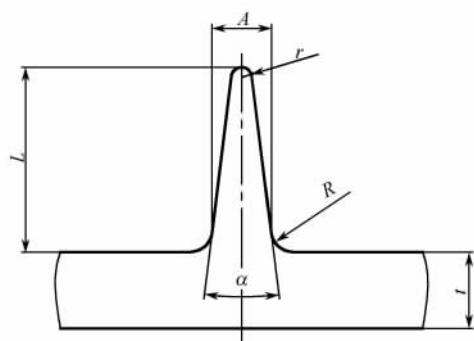
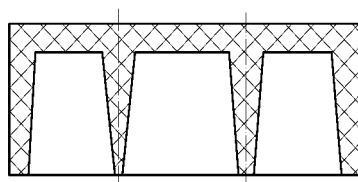
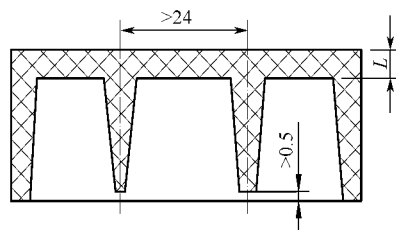


图 2-16 加强筋的尺寸



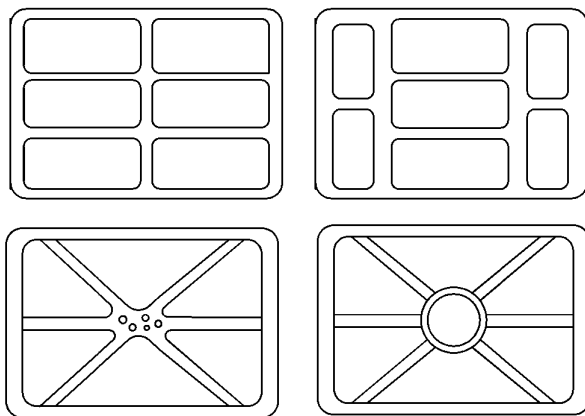
(a) 不合理



(b) 合理

图 2-17 多个加强筋的设计

⑥ 若塑件中需要设置多个加强筋, 则其分布应相互交错排列, 尽量减少塑料的局部集中, 以免收缩不均匀引起翘曲变形或产生气泡和缩孔。如图 2-18 所示为容器盖上加强筋的布置, 图 2-18(b) 中的设计比图 2-18(a) 中的设计合理。



(a) 不合理

(b) 合理

图 2-18 加强筋的布置

(五) 塑件的支撑面

由于塑件稍微翘曲或变形就会造成底面不平,容易产生接触不稳,因此以塑件整个底面作为支撑面,一般来说是不合理的。为了平稳地支撑塑件,通常都采用凸起的边框或底脚(三点或四点)作为支撑面,如图 2-19 所示。

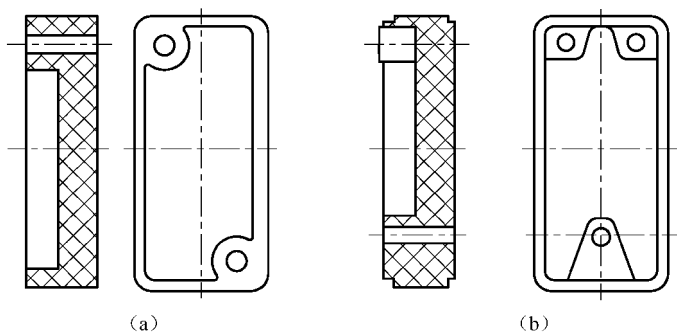


图 2-19 塑件的支撑面

(六) 塑件的圆角

带有尖角的塑件,在尖角处会产生应力集中,在成型时塑件容易开裂,或在使用时受到力或冲击振动容易破裂,降低塑件强度。如图 2-20 所示为塑件受应力作用时应力集中系数与圆角半径的关系。从图中可以看出,当 R/δ 在 0.3 以下时应力集中系数剧增,而在 0.8 以上时应力集中系数变化很小,因此理想的圆角半径应为壁厚的 1/3 以上。

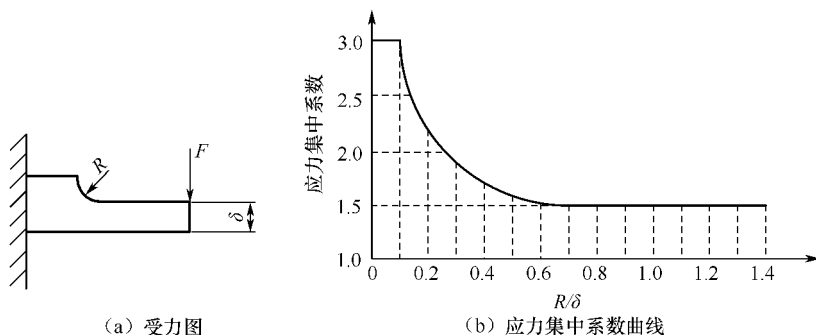


图 2-20 应力集中系数与圆角半径的关系

塑件上所有转角应尽可能采用圆弧过渡,采用圆弧过渡还能改善熔体在型腔中的流动状态,有利于充满型腔及便于塑件脱模,同时使塑件美观。

若塑件结构无特殊要求,则各连接处的圆角半径不小于 0.5mm。塑件内、外表面拐角处的圆角半径主要取决于塑件的壁厚,设计时内壁圆角半径应是厚度的 0.5 倍,外壁圆角半径应是厚度的 1.5 倍,壁厚不等的两壁转角可按平均壁厚确定内、外圆角半径。对于塑件上某些部位,如分型面处、型芯与型腔配合处,以及使用时有特殊要求或不便做成圆角的部位,必须以尖角过渡。

(七) 孔的设计

塑件在使用时经常需要设置一些孔,如紧固连接孔、定位孔、安装孔及特殊用途的孔等。常见的孔有通孔、盲孔(不通孔)、螺纹孔和形状复杂的异形孔等。塑件上的孔是用模具的型芯成型的,因此孔的形状应力求简单,以免增加模具制造的难度,同时孔的位置应尽可能设在强

度大或壁厚部位。孔与孔之间、孔与壁之间均应有足够的距离,如表 2-6 所示。孔径与孔的深度也有一定的关系,如表 2-7 所示。

表 2-6 热固性塑料孔与孔之间、孔与壁之间的距离 单位:mm

孔径	<1.5	1.5~3	3~6	6~10	10~18	18~30
孔间距、孔边距	1~1.5	1.5~2	2~3	3~4	4~5	5~7

注:① 热塑性塑料为热固性塑料的 75%。
② 增强塑料宜取大值。
③ 两孔径不一致时,以小孔的孔径查表。

表 2-7 孔径与孔的深度的关系 单位:mm

成型方式 \ 孔的形式		孔的深度	
		通孔	盲孔
压缩成型	横孔	$2.5d$	$<1.5d$
	竖孔	$5d$	$<2.5d$
注射或挤出成型		$10d$	$(4\sim5)d$

注:① d 为孔的直径。
② 采用纤维塑料时,表中数值乘以系数 0.75。

如果使用时要求两个孔的间距或孔的边距小于表 2-6 中规定的数值,如图 2-21(a)所示,则可将孔设计成图 2-21(b)所示的结构形式。塑件的紧固孔和其他受力孔四周可采用凸边予以加强,如图 2-22 所示。

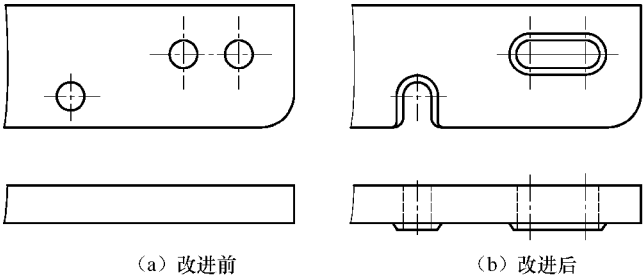


图 2-21 两个孔的间距或孔的边距过小时的改进设计

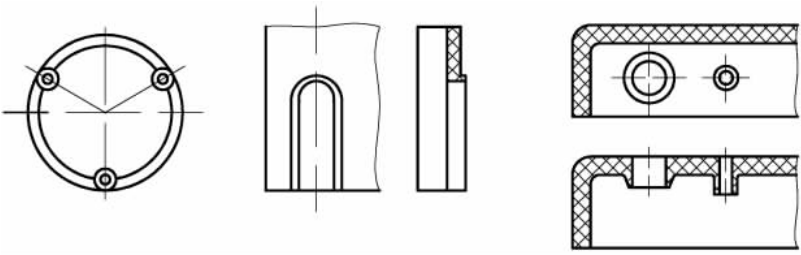


图 2-22 孔边增厚加强

固定孔多数采用图 2-23(a)所示的沉头螺钉孔形式,图 2-23(c)所示的沉头螺钉孔形式较少采用。由于设置型芯不便,一般不采用图 2-23(b)所示的沉头螺钉孔形式。

通孔的成型方法如图 2-24 所示。图 2-24(a)中形成通孔的型芯一端固定,成型时在另一端分型面会产生不易修整的横向飞边,成型孔的深度不宜太深或直径不宜太小,否则型芯会发生弯曲。图 2-24(b)中采用两个一端固定的型芯组合成型,在型芯结合处会产生横向飞边,由

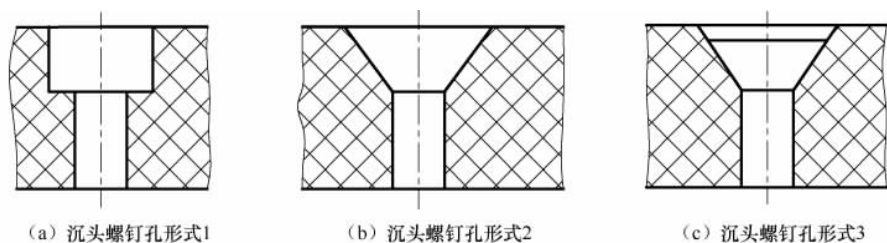


图 2-23 固定孔的形式

于不易保证两个型芯的同轴度,设计时应使其中一个型芯直径比另一个大 $0.5 \sim 1\text{mm}$,这样即使稍不同心,也能保证安装和使用。和图 2-24(a)中的形式相比,图 2-24(b)的特点是型芯长度缩短,型芯稳定性增加。图 2-24(c)中由一端固定、另一端导向固定来成型,型芯强度和刚度好,能保证孔的轴向精度。但导向一端由于磨损,长期使用易产生圆周纵向飞边。

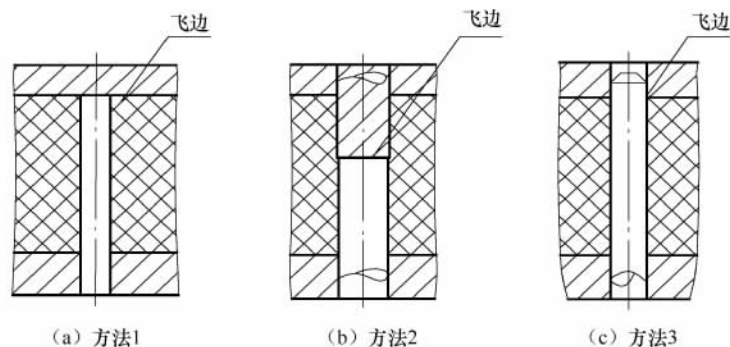


图 2-24 通孔的成型方法

盲孔只能用一端固定的型芯成型。对于与熔体流动方向垂直的孔,当孔径在 1.5mm 以下时,为了防止型芯弯曲,孔深以不超过孔径的两倍为宜。一般情况下,注射成型或压注成型时,孔深小于 4 倍孔径;压缩成型时,孔深小于 2.5 倍孔径。当孔径较小、深度太大时,孔只能用成型后再机械加工的方法获得。

互相垂直的孔或相交的孔,在压缩成型塑件中不宜采用,在注射成型和压注成型中可以采用,但两个孔不能互相嵌合,如图 2-25(a)所示,型芯中间要穿过侧型芯,这样容易产生故障,应采用图 2-25(b)所示的结构形式。成型时,小孔型芯从两边抽芯后,再抽大孔型芯。塑件上需要设置侧壁孔时,为使模具结构简化,应尽量避免侧向抽芯机构。

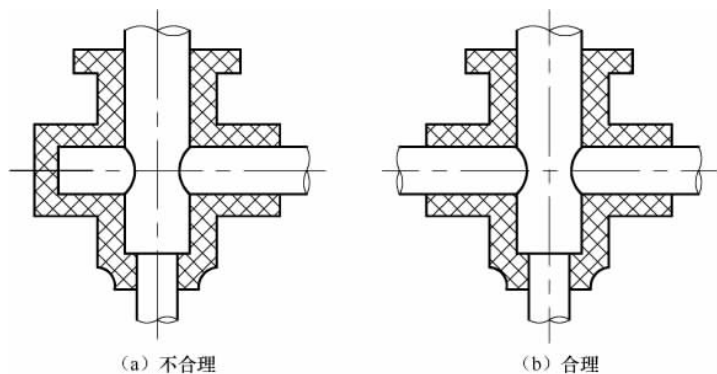


图 2-25 两相交孔的设计

对于某些斜孔或形状复杂的异形孔,为避免侧向抽芯,简化模具,可考虑采用拼合的型芯成型,如图 2-26 所示。

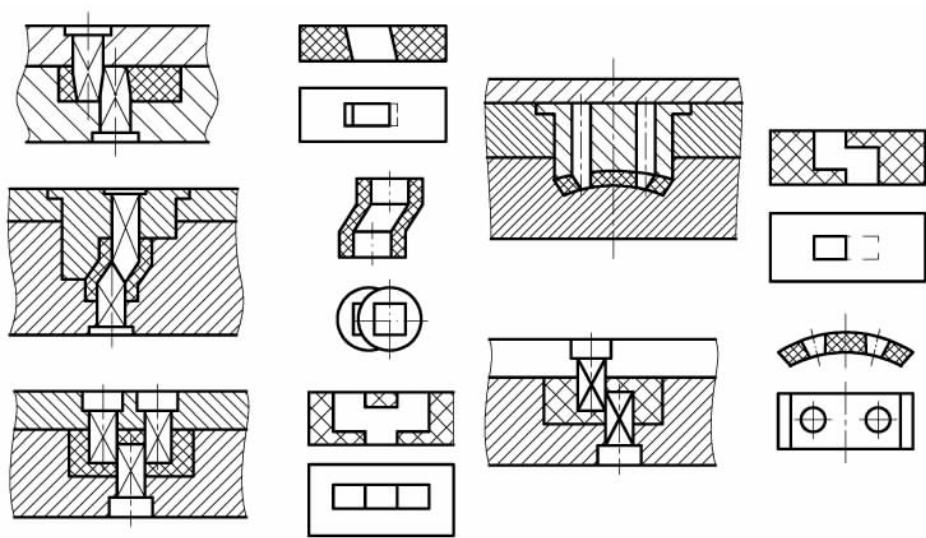


图 2-26 用拼合的型芯成型复杂孔

(八) 塑件标识

塑件的外表面,尤其是电子产品如手机、数码相机等的塑件外壳,需要印制商标图案、相关文字或装饰图案,如图 2-27 所示。这些文字和图案一般是用移印的方式进行印刷的。

而塑件的内表面上,一般要求注明塑件的零件编号、模穴号、原材料代号(如 PC、ABS 等)、生产日期、回收标志等,一般采用凸形文字、符号的形式。这是因为模具上的凹形标志及花纹易于加工。如图 2-28 所示为某手机后盖的内表面标识。



图 2-27 手机后盖移印标识

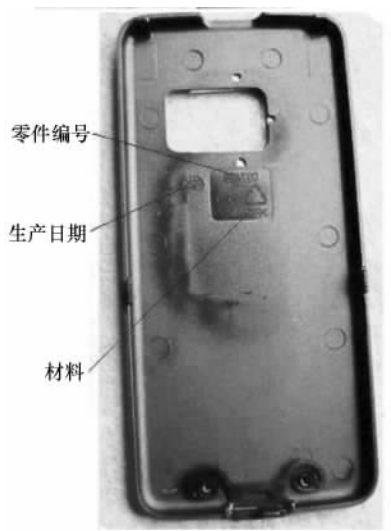


图 2-28 手机后盖内表面标识

塑件上的文字、符号等凸出的高度应不小于 0.2mm,通常以 0.8mm 为宜;线条宽度应不小于 0.3mm,两线条之间的距离应不小于 0.4mm,字体或符号的脱模斜度应大于 10° ,一般边框比字体高出 0.3mm 以上,如图 2-29 所示。

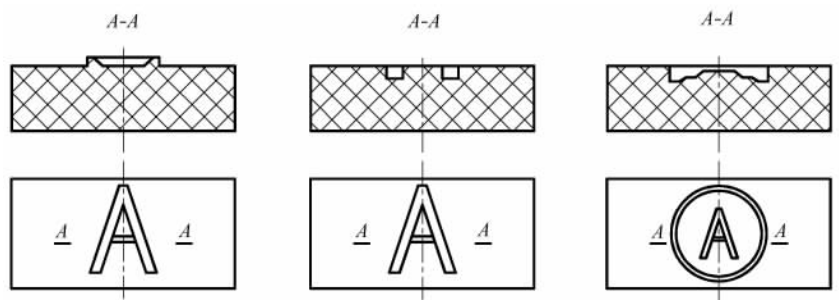


图 2-29 塑件上标记符号的形式

四、螺纹

(一) 螺纹的成型方法和特点

塑件上的螺纹成型有三种方法:直接成型、成型后进行机械加工、采用金属螺纹嵌件。

① 直接成型:加工简便,成本低,生产周期短。但塑料强度小,精度等级低。

② 成型后进行机械加工:螺纹成型后需要二次加工,生产效率低,一般在用成型法成型螺纹困难的情况下采用,如螺纹孔径小且较深,螺纹型芯刚度、强度不够,在侧面需要安装螺纹型芯导致模具结构复杂。

③ 采用金属螺纹嵌件:金属螺纹嵌件精度高,强度大。但成型塑件时,嵌件周围易形成应力集中,加工嵌件和安放嵌件使生产周期增长,成本提高。一般用于成型配合精度较高、经常装拆和受力较大的螺纹。

(二) 螺纹直接成型

塑件中的螺纹直接成型时,由于螺纹过细,会造成使用强度不够,所以牙型尺寸应有一定限制,细牙螺纹不宜直接成型,而应采用金属螺纹嵌件。表 2-8 列出了塑料螺纹的选用范围。

表 2-8 塑料螺纹的选用范围

螺纹公称直径 /mm	螺 纹 种 类				
	普通螺纹标准	1 级细牙螺纹	2 级细牙螺纹	3 级细牙螺纹	4 级细牙螺纹
<3	+	—	—	—	—
3~6	+	—	—	—	—
6~10	+	+	—	—	—
10~18	+	+	+	—	—
18~30	+	+	+	+	—
30~50	+	+	+	+	+

注:表中“+”号为建议选用的螺纹。

塑料螺纹的直径不宜过小。一般螺纹直径应大于 4mm,螺纹的螺距应大于 0.7mm,内螺纹直径应大于 2mm。在塑件上直接成型的螺纹精度等级不能要求太高,一般不超过 IT7,并且应选用螺牙尺寸较大者。如果模具上螺纹的螺距未考虑收缩值,则塑件螺纹与金属螺纹的配合长度一般不大于螺纹直径的 1.5 倍,否则会因塑件收缩引起螺距不匹配,连接时使螺纹连接强度降低或损坏。

一般塑料螺纹的机械强度比金属螺纹的机械强度低 5~10 倍。和金属螺纹不同,为了防止塑料螺纹始端和末端在使用中崩裂或变形,螺纹起止端应设计为圆台即圆柱结构,以提高该

处螺纹强度并使模具结构简单。塑件外螺纹的始端与顶面应留有 0.2mm 以上的距离,末端与底面也应留有 0.2mm 的距离,如图 2-30(a)所示。塑件内螺纹始端应有一深度为 0.2~0.8mm 的台阶孔,螺纹末端与底面之间应留有不小于 0.2mm 的距离,如图 2-30(b)所示。螺纹的始端和末端均应有过渡部分,其尺寸可按表 2-9 选取。

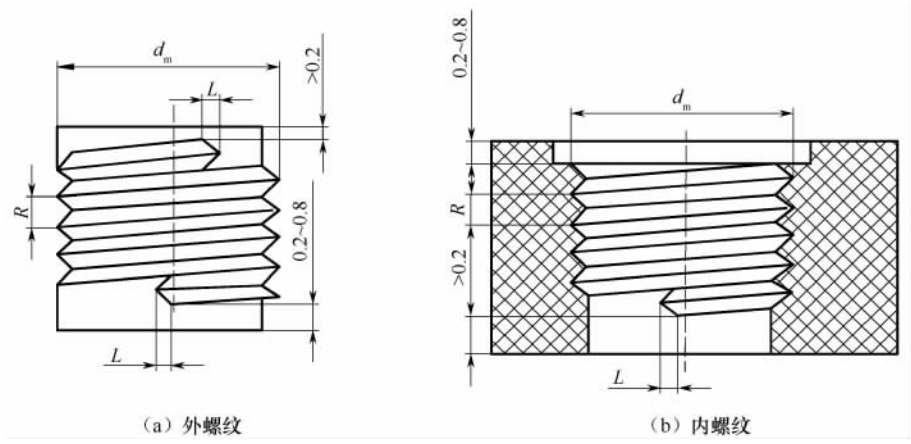


图 2-30 塑料螺纹的结构

表 2-9 塑料螺纹的始端和末端过渡部分尺寸 单位:mm

螺纹直径	螺距 P		
	<0.5	$0.5\sim1$	>1
	始端和末端过渡部分尺寸		
≤ 10	1	2	3
$>10\sim20$	2	3	4
$>20\sim34$	2	4	6
$>34\sim52$	3	6	8
>52	3	8	10

螺纹直接成型的方法如下:

① 采用螺纹型芯或螺纹型环在成型后将塑件旋出。

② 外螺纹采用瓣合模成型,塑件会带有不易去除的飞边。

③ 使用要求不高的螺纹用软塑料成型时,采用强制脱模。螺纹断面较浅,且为圆形或梯形,如图 2-31 所示。

④ 同一塑件的同一轴线上有两段不同直径的螺纹,当两段螺纹方向相同、螺距相等时,成型后直接将塑件旋出,如图 2-32(a)所示;当方向相反或螺距不等时,采用两段螺纹型芯或型环组合在一起的形式,成型后分段旋出,如图 2-32(b)所示。

(三) 用自攻螺钉连接

需要特别指出的是,螺纹直接成型法成型周期较长,生产效率较低,电子产品塑件的连接装配一般不需要在相应部位注射成型出内外螺纹,而是在塑件上设置圆柱和沉头孔,装配时用自攻螺钉在圆柱内孔攻出螺纹并与螺钉连接拧紧,设计时须保证圆柱内孔直径大小合适,如图 2-33 所示。这种结构可大大简化模具结构和提高注射成型生产效率。

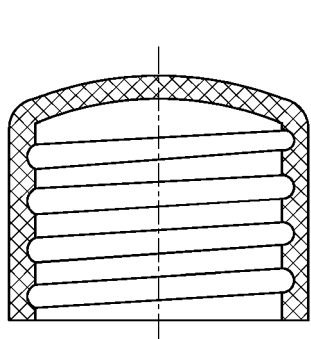
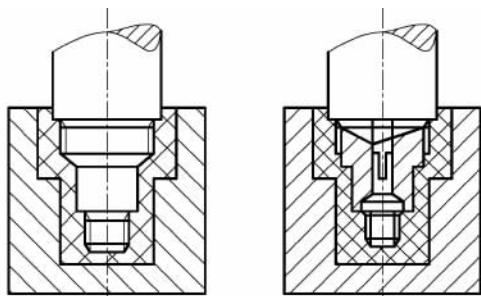


图 2-31 能强制脱出的圆牙螺纹



(a) 方向相同，螺距相等 (b) 方向相反或螺距不等

图 2-32 两段同轴的不同直径螺纹

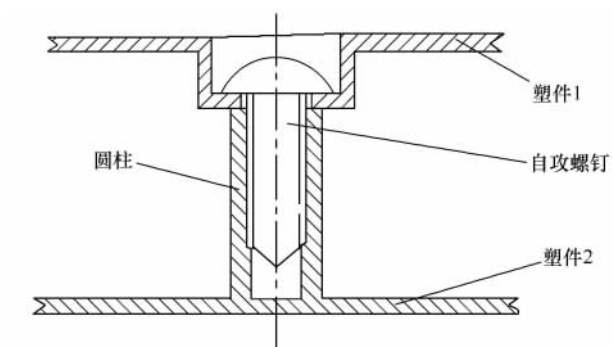


图 2-33 塑件螺纹连接

五、齿轮

目前,塑料齿轮在机械、电子、仪表等工业部门得到广泛应用,其常用的塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚砒等。为了使塑料齿轮适应注射成型工艺,齿轮的轮缘、辐板和轮毂应有一定的厚度,如图 2-34 所示。

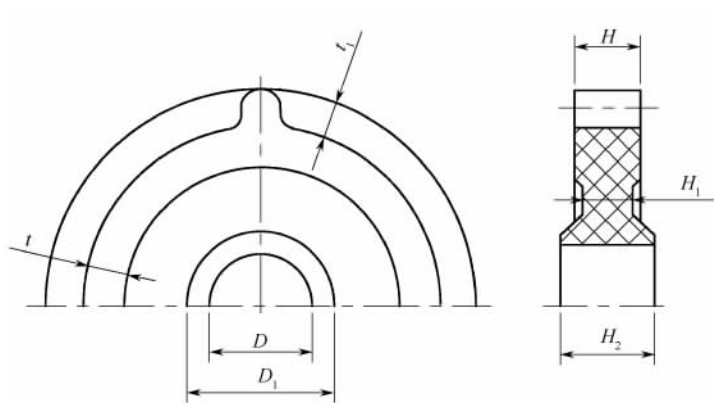


图 2-34 齿轮的尺寸设计

齿轮各部分尺寸一般应满足以下关系:

轮缘宽度 $t \geq 3$ 倍齿高;

辐板厚度 $H_1 \leq$ 轮缘厚度 H ;

轮毂厚度 $H_2 \geq$ 轮缘厚度 H , 或者 $H_2 =$ 轴孔直径 D ;

轮毂外径 $D_1 \geq (1.5 \sim 3)$ 倍轴孔直径 D 。

为了减小尖角处的应力集中及齿轮在成型时内应力的影响,设计齿轮时应尽量平缓过渡,尽可能加大圆角及过渡圆弧的半径。装配时为了避免产生内应力,轴和孔的配合应尽量采用过渡配合,不采用过盈配合。如图 2-35 所示为轴与塑料齿轮的两种固定形式。其中,图 2-35(a)为常用的轴和孔过渡配合,图 2-35(b)中轴和孔采用两个销孔固定。

齿顶圆在 50mm 以下、齿宽为 1.5~3.5mm 的较小的齿轮,由于厚度不均匀会引起齿轮歪斜,一般设计成无轮毂、无轮缘形式,齿轮为薄片形。较大齿轮应采用薄肋形式,对称布置,如图 2-36(b)所示。若采用在辐板上开孔的结构,如图 2-36(a)所示,因孔在成型时很少向中心收缩,辐板变形使齿轮歪斜,将影响齿轮精度。相互啮合的塑料齿轮宜用相同的塑料制成。

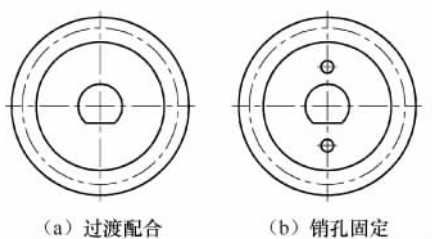


图 2-35 塑料齿轮与轴的固定形式

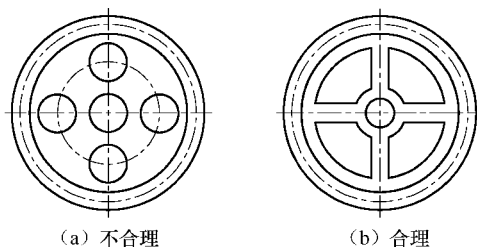


图 2-36 塑料齿轮辐板形式

六、嵌件

在塑件成型时,将金属或非金属零件嵌入其中,与塑件连成不可拆卸的整体,所嵌入的零件称为嵌件。嵌件的材料一般为金属,也有非金属。

(一) 嵌件的作用

各种塑件中嵌件的作用各不相同。塑件中镶入嵌件,可以提高塑件局部的强度、硬度、耐磨性、导电性、导磁性等,也可以增加塑件尺寸和形状的稳定性的,还可以降低材料的消耗。但采用嵌件一般会增加塑件成本,使模具结构复杂,降低生产效率。

(二) 嵌件的类型

常用的嵌件种类如图 2-37 所示。图 2-37(a)为圆筒形嵌件,有通孔和不通孔,有螺纹套、轴套和薄壁套管等,其中以带螺纹孔的嵌件最为常见;图 2-37(b)为圆柱形嵌件,有螺杆、轴销、接线柱等;图 2-37(c)为片状或板状嵌件,常用做塑件内的导体和焊片;图 2-37(d)为细杆状贯穿嵌件,如汽车方向盘;图 2-37(e)为非金属嵌件,是用 ABS 黑色塑料做嵌件的改性有机玻璃仪表壳。

(三) 嵌件的设计

设计塑件的嵌件时,主要应考虑嵌件与塑件的牢固连接、成型过程中嵌件定位的可靠性和嵌件固定的稳定性、塑件的强度等问题。而这些问题的解决关键在于嵌件的结构、嵌件与塑件的配合关系。

1. 嵌件与塑件的连接

为了避免嵌件受力时在塑件内转动或被拔出,保证嵌件与塑件的牢固连接,嵌件嵌入部分表面必须设计有适当的凸状或凹状部分,如图 2-38(a)所示;柱状嵌件可在外表面滚直纹或菱

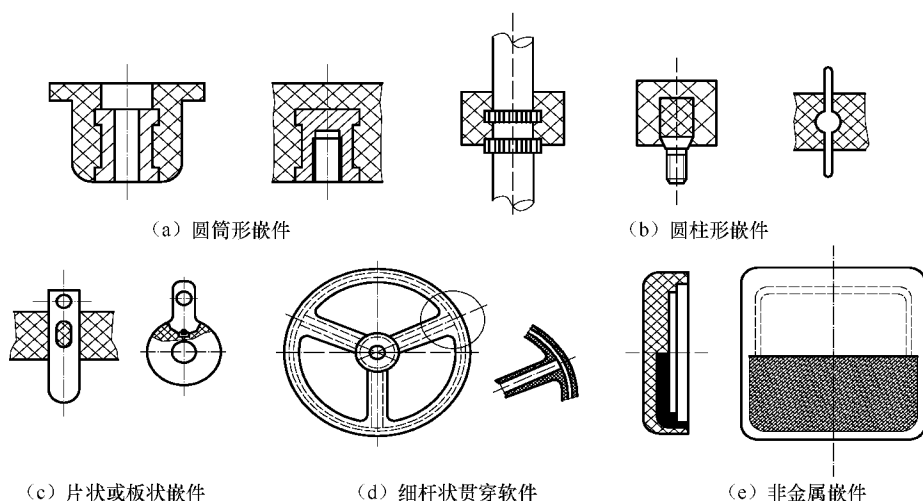


图 2-37 常见的嵌件种类

形花并切出沟槽,如图 2-38(b)所示;中间为联入部分表面滚菱形花纹(适于小件),如图 2-38(c)所示;如图 2-38(d)所示为嵌入部分压扁的结构,该结构用于导电部分必须保证有一定横截面的场合,板、片状嵌件嵌入部分采用切口、冲孔或压弯方法固定;薄壁管状嵌件可将端部翻边以便固定,如图 2-38(e)所示。

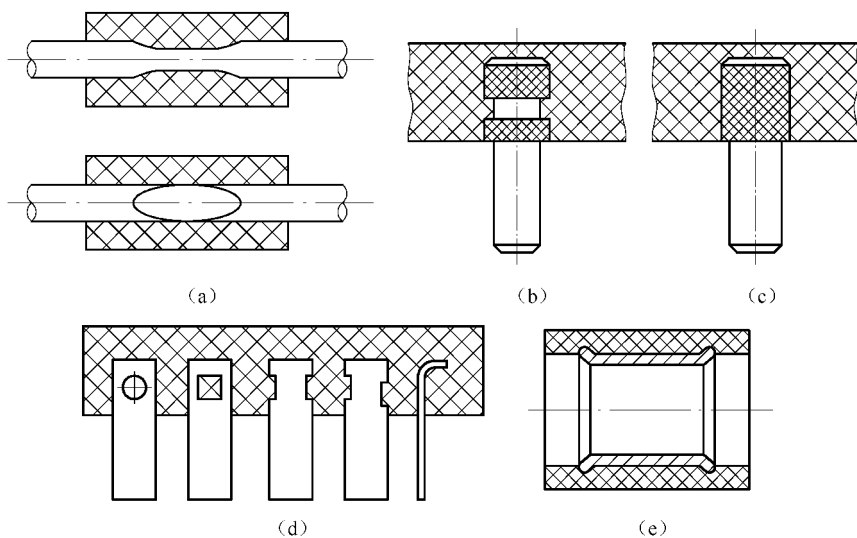
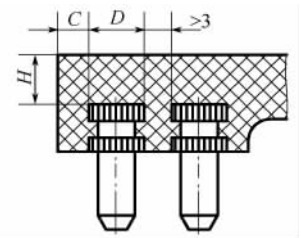


图 2-38 嵌件嵌入部分的结构形式

金属嵌件和塑件在冷却时的收缩率相差很大,金属嵌件在成型过程中收缩量极小,而塑件却有明显的收缩,嵌件的设置使嵌件周围的塑料中产生内应力,设计不当,会造成塑件变形甚至开裂。内应力大小与嵌件材料、塑料特性和塑料收缩率差异以及嵌件结构有关。因此,对有嵌件的塑件,从选材上,应选用弹性大、收缩率小的塑料或选用与塑料收缩率相近的金属嵌件。从设计上,应保证嵌件周围的塑料层有足够的厚度以防塑件开裂,同时嵌件不应带有尖角,形状变化应设计成斜面或圆角,以减少应力集中。嵌件上尽量不要设计通孔,以免塑料挤入孔

内。表 2-10 列出了金属嵌件周围塑料层厚度的推荐值,供设计时参考。从成型工艺上,嵌件应进行去油污处理;对大型嵌件应预热到接近物料温度;对内应力难以消除的塑件,可先在嵌件周围覆盖一层高聚物弹性体或成型后进行退火处理来降低内应力。

表 2-10 金属嵌件周围塑料层厚度的推荐值 单位:mm

图 例	金属嵌件直径 D	塑料层最小厚度 C	顶部塑料层最小厚度 H
	≤ 4	1.5	0.8
	$> 4 \sim 8$	2.0	1.5
	$> 8 \sim 12$	3.0	2.0
	$> 12 \sim 16$	4.0	2.5
	$> 16 \sim 25$	5.0	3.0

2. 嵌件在模具内的定位与固定

嵌件在模具中必须正确定位和可靠固定,以防成型时嵌件受到充填塑料流的冲击发生歪斜或变形,同时还应防止成型时塑料挤入嵌件上的预留孔或螺纹中,影响嵌件的使用。嵌件固定的方式很多。外螺纹在模具内的固定方法,如图 2-39 所示。图 2-39(a)采用光杆插入模具定位孔内,和孔的间隙配合长度应至少为 1.5mm,与模具孔间隙配合不得大于成型塑料的溢料间隙。图 2-39(b)采用凸肩配合,增强了嵌件插入模具后的稳定性,还可防止熔融塑料进入螺纹中。图 2-39(c)采用凸出的圆环,成型时圆环被压紧在模具上形成密封环,防止塑料进入。

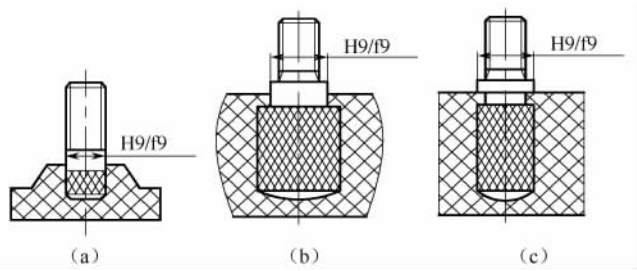


图 2-39 外螺纹在模具内的固定方法

内螺纹在模具内的固定方法如图 2-40 所示。如图 2-40(a)所示,内螺纹嵌件直接插在光杆上。为了增强稳定性,采用外部凸台或内部凸阶与模具密切配合,如图 2-40(b)、图 2-40(c)、图 2-40(d)所示。当注射压力不大时,螺纹细小(M3.5 以下)的嵌件可直接插在光杆上,从而使操作大为简便。嵌件在模具内的安装配合形式常采用 H9/f9,配合长度一般为 3~5mm。无论是杆形还是环形嵌件,在模具中伸出的自由长度均不应超过定位部分直径的两倍。否则,成型时熔体压力会使嵌件移位或变形。

总之,生产带有嵌件的塑件会使生产效率降低,生产过程不易实现自动化。因此,在设计塑件时,应尽量避免采用嵌件。

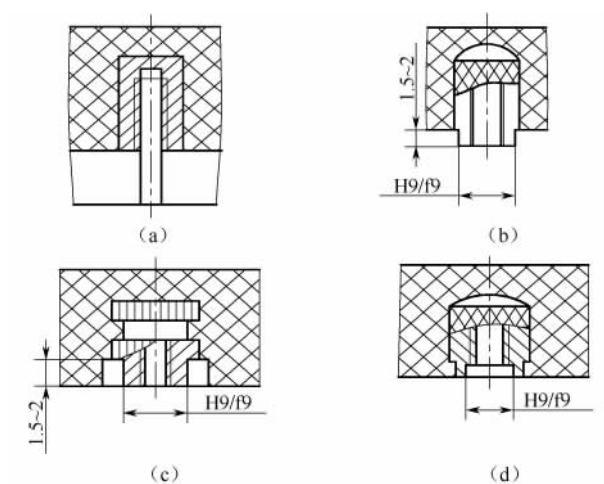


图 2-40 内螺纹在模具内的固定方法

【项目训练】

分析手机后盖原材料工艺特性和结构工艺性,进行手机后盖的结构设计。

① 推荐利用本书配套教学资源中提供的手机后盖 3D 电子文档(见图 0-2),根据机械制图要求,将其转换为合格规范的手机后盖零件图。

② 学生自行选择一个手机后盖运用 UG 软件进行 3D 建模,然后进行手机后盖零件图绘制。

考核要求:

① 视图、剖面图等表达合理、清楚完整(40 分)。

② 视图线条线型合理规范(30 分)。

需要特别指出的是,在 3D 模型转换成 2D 工程图的过程中,不能直接生成 2D 零件图,而应该运用 AutoCAD 按机械制图要求进行修改,删除多余轮廓线条,得到规范的零件图。

③ 尺寸标注合理、完整、规范,基本不漏标重标,配合尺寸精度合理(30 分)。

【拓展训练】

可根据学生实际情况,选择肥皂盒塑件作为训练项目,绘制肥皂盒塑件零件图,考核标准参照以上标准。

模块三 塑件注射成型工艺规程

【项目引导】

为绪论“操作项目”中所述的手机后盖(见图 0-2)编制注射成型工艺规程。

【设计要求】

- ① 分析塑料原材料和手机后盖塑件结构对手机后盖成型工艺性的影响。
- ② 根据塑料原材料成型特点和手机后盖的结构特点,制订注射成型工艺参数。
- ③ 为手机后盖注射成型生产选择注射机。
- ④ 掌握塑料制品生产的一般流程。

【项目分析】

塑件注射成型生产三要素:注射模具、注射机、注射成型工艺规程。

塑件注射成型生产的技术准备工作:

- ① 有合格规范的塑件零件图和塑件检验标准。
- ② 模具经过试模合格完好,技术资料完备。
- ③ 模具试模过程资料齐全,工艺参数合乎规范。
- ④ 塑件生产工艺文件规范完整。

【知识链接】

一、注射成型的原理、特点及应用

(一) 注射成型的原理

注射成型是热塑性塑料制品生产的主要方法,注射成型是通过注射机来实现的。如图 3-1 所示为螺杆式注射机的注射成型原理图。将塑料原料加入注射机料筒,经加热熔融后,由注射机的螺杆高压高速推动熔融塑料通过料筒前端喷嘴,快速射入已经闭合的模具型腔,充满型腔的熔体在受压情况下,经冷却固化而保持型腔所赋予的形状,然后打开模具,取出获得的成型塑件。这个过程即是一个成型周期。生产过程就是不断地重复上述周期。成型周期的长短由塑件的尺寸、形状和厚度,模具的结构,注射机类型以及塑料品种和成型工艺条件等因素决定。

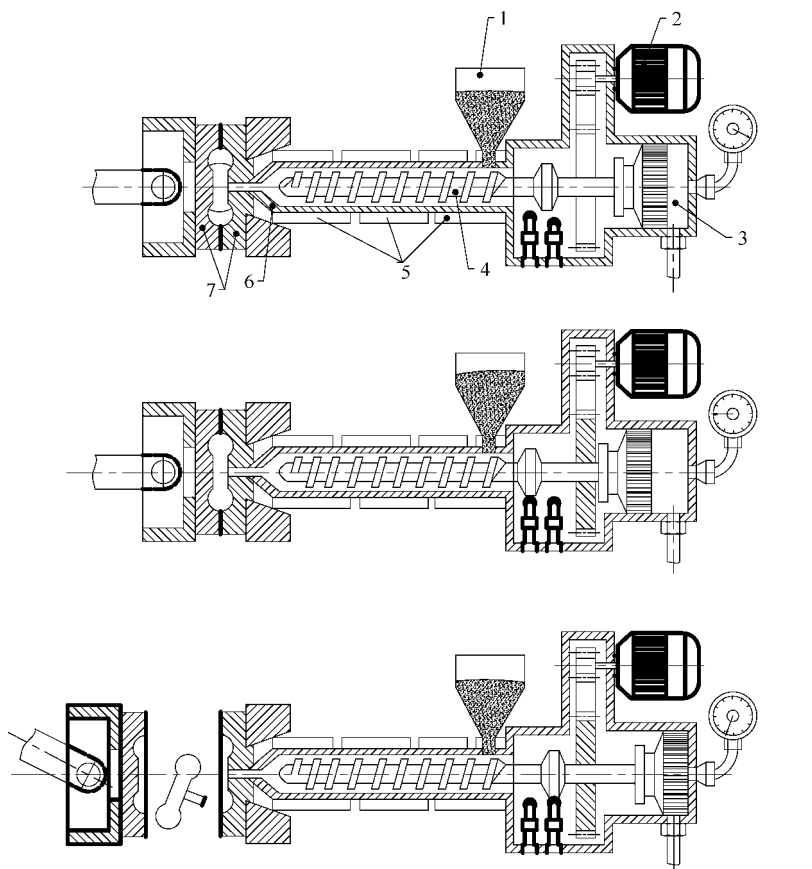
注射成型之所以在塑件成型生产中广泛运用,特别是在电子产品塑胶结构件生产中,主要是因为其有以下特点:

- ① 注射成型技术生产周期短,生产率高,容易实现自动化生产。
- ② 能成型外形复杂的塑件,且能保证精度。

③ 成型各种塑料的适应性强。

④ 设备价格高,模具制造费用较高,不适合单件及小批量塑件的生产。

除少数热塑性塑料(氟塑料)外,几乎所有的热塑性塑料都可以用注射成型方法生产塑件。注射成型不仅用于热塑性塑料的成型,而且已经成功地应用于热固性塑料的成型。目前,其成型制品占全部塑料制品的70%~80%。为进一步扩大注射成型塑件的范围,还开发了一些专门用于成型有特殊性能或特殊结构要求塑件的专用注射技术,如高精度塑件的精密注射、复合色彩塑件的多色注射、内外由不同物料构成的夹芯塑件的夹芯注射和光学透明塑件的注射压缩成型等。



1—料斗; 2—螺杆转动传动装置; 3—注射液压缸; 4—螺杆; 5—加热器; 6—喷嘴; 7—模具

图 3-1 螺杆式注射机的注射成型原理图

(二) 注射成型工艺过程

注射成型工艺过程是注射工艺规程制订的中心环节,主要有注射成型前的准备、注射过程和塑件的后处理三个过程。

1. 注射成型前的准备

为了保证注射成型过程顺利进行,使塑件产品质量满足要求,在成型前必须做好一系列准备工作,主要有原材料的检验和工艺性能测定、原材料的着色、原材料的干燥、料筒的清洗、嵌件的预热及脱模剂的选用。

(1) 原材料的检验和工艺性能测定

在成型前应对原材料的种类、外观(色泽、粒度和均匀性等)进行检验,并对流动性、热稳定

性、收缩性、水分含量等方面进行测定。

(2) 原材料的着色

为了使成型出来的塑件更美观或满足使用方面的要求,配色着色可采用色粉直接加入树脂法和色母粒法。

色粉直接加入树脂法是将色粉与塑料树脂直接混合后,送入下一步制品成型工艺,工序短,成本低,但工作环境差,着色力差,着色均匀性和质量稳定性差。

色母粒法是将着色剂和载体树脂、分散剂、其他助剂配制成一定浓度的着色剂的粒料,制品成型时根据着色要求,加入一定量色母粒,使制品含有一定的着色剂量,达到着色要求。

(3) 原材料的干燥

对于吸湿性强的塑料(聚酰胺、有机玻璃、聚砒等),应根据注射成型工艺的含水量要求进行适当的预热干燥,去除原料中过多的水分及挥发物,以防止注射时发生水降解或成型后塑件表面出现气泡和银纹等缺陷。表 3-1 列出了部分塑料成型前允许的含水量。

表 3-1 部分塑料成型前允许的含水量

塑料名称	允许含水量/%	塑料名称	允许含水量/%
聚酰胺 PA—6	0.10	聚碳酸酯	0.01~0.02
聚酰胺 PA—66	0.10	聚苯醚	0.10
0.05 聚酰胺 PA—11	0.10	聚砒	0.05
聚酰胺 PA—610	0.05	ABS(电镀级)	0.05
聚酰胺 PA—1010	0.05	ABS(通用级)	0.10
聚酰胺 PA—9	0.05	纤维素塑料	0.20~0.50
聚甲基丙烯酸甲酯	0.05	聚苯乙烯	0.10
聚对苯二甲酸乙二(醇)酯	0.05~0.10	高冲击强度聚苯乙烯	0.10
聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	0.01	聚乙烯	0.05
硬聚氯乙烯	0.08~0.10	聚丙烯	0.05
软聚氯乙烯	0.08~0.10	聚四氟乙烯	0.06

不易吸湿的塑料原料,如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚甲醛等,如果贮存良好,包装严密,一般可不干燥。

干燥处理就是利用高温使塑料中的水分含量降低,方法有烘箱干燥、红外线干燥、热板干燥、高频干燥等。干燥方法的选用,应视塑料的性能、生产批量和具体的干燥设备条件而定。热塑性塑料通常采用前两种干燥方法。常见塑料的干燥条件如表 3-2 所示。

表 3-2 常见塑料的干燥条件

塑料名称	干燥温度/℃	干燥时间/h	料层厚度/mm	含水量/%
ABS	80~85	2~4	30~40	<0.1
聚碳酸酯	120~130	6~8	<30	<0.015
聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	130	5	20~30	<0.2
聚苯醚	110~120	2~4	30~40	
聚酰胺	90~100	8~12	<30	<0.1
聚甲基丙烯酸甲酯	70~80	4~6	30~40	<0.1
聚砒	110~120	4~6	<30	0.05

影响干燥效果的因素有干燥温度、干燥时间和料层厚度。一般情况下干燥温度应控制在塑料的玻璃化温度以下,但温度如果过低,则不易排除水分;干燥时间长,则干燥效果好,但会造成周期过长;干燥时料层厚度一般为 20~50mm。干燥后的原料要求立即使用,如果暂时不用,为防止再次吸湿,要密封存放。长时间不用的塑料使用前应重新干燥。

(4) 料筒的清洗

在注射成型之前,如果注射机料筒中原来残存的塑料与将要使用的塑料不同或颜色不一致,或发现成型过程中出现了热分解或降解反应,都要对注射机的料筒进行清洗。

通常,柱塞式料筒存料量大,又不易转动,必须将料筒拆卸清洗或采用专用料筒。而对于螺杆式注射机,通常采用直接换料、对空注射法清洗。

清洗料筒的对空注射法具体如下:

① 新塑料的成型温度高于料筒内残存塑料的成型温度时,应将料筒温度升高到新料的最低成型温度,然后加入新料(也可以是新料的回料),连续对空注射,直到残存塑料全部清洗完毕,再调整温度进行正常生产。

② 新塑料的成型温度比料筒内残存塑料的成型温度低时,应将料筒温度升高到残存塑料的最佳流动温度后切断电源,用新料或新料的回料在降温条件下进行清洗。

③ 如果新料成型温度高,而料筒中残存塑料又是热敏性塑料(如聚氯乙烯、聚甲醛和聚三氟氯乙烯等),则应选流动性好、热稳定性高的塑料(如聚苯乙烯、低密度聚乙烯等)作为过渡料,先换出热敏性塑料,再用新料或新料的回料换出热稳定性好的过渡料。

④ 两种物料成型温度相差不大时,不必改变温度,先用新料的回料,后用新料连续对空注射即可。

由于直接换料清洗浪费了大量的清洗料,目前已经研制出一种新的料筒清洗剂,这种清洗剂的使用方法是:首先将料筒温度升至比正常生产温度高 10~20℃,放净料筒内的存储料,然后加入清洗剂(用量为 50~200g),最后加入新换料,用预塑的方式连续挤一段时间即可。这种方法可重复清洗,直至达到要求为止。

(5) 嵌件的预热

为了满足装配和使用强度的要求,成型前将金属零件放在模具内的预定位置上,成型后金属零件与塑料成为一个整体。我们把塑件内嵌入的金属零件称为嵌件。由于金属和塑料收缩率差别较大,在塑件冷却时,嵌件周围会产生较大的内应力,导致嵌件周围强度下降和出现裂纹。因此,在成型前要对金属嵌件进行预热,减小嵌件和塑料的温度差。

对于成型时不易产生应力开裂的塑料,若嵌件较小,则可以不预热。预热的温度以不损坏金属嵌件表面所镀的锌层或铬层为限,一般为 110~130℃。对于表面无镀层的铝合金或铜嵌件,预热温度可达 150℃。

(6) 脱模剂的选用

脱模剂是使塑料制品容易从模具中脱出而喷涂在模具表面上的一种助剂。注射成型时,塑件的脱模主要依赖于合理的工艺条件和正确的模具设计,但由于塑件本身的复杂性或工艺条件控制不稳定,可能造成脱模困难,所以在实际生产中经常使用脱模剂。

常用的脱模剂有硬醋酸锌、液体石蜡(白油)和硅油。除了硬醋酸锌不能用于聚酰胺之外,对于一般塑料,上述三种脱模剂均可使用。其中硅油脱模效果最好,只要对模具施用一次,即可长效脱模,但价格很贵,使用麻烦。硬醋酸锌多用于高温模具,而液体石蜡多用于中低温模具。

使用脱模剂时,喷涂应均匀、适量,以免影响塑件的外观和质量。对于含有橡胶的软塑件或透明塑件不宜采用脱模剂,否则将影响塑件的透明度。

2. 注射过程

注射过程包括加料、塑化、注射和脱模 4 个步骤。但就塑料在注射成型中的实质变化而言,是塑料的塑化和熔体充满型腔与冷却定型两大过程。

(1) 加料

注射成型时应定量加料,塑料塑化均匀,可获得良好的塑件。加料过多,受热的时间过长,容易引起塑料的热降解,同时注射机功率损耗增多;加料过少,料筒内缺少传压介质,型腔中塑料熔体压力降低,难以补压,容易引起塑件收缩、凹陷、空洞甚至缺料等缺陷。

(2) 塑化

塑料在料筒中受热,由固体颗粒转化成黏流态并且形成具有良好可塑性均匀熔体的过程称为塑化。塑化效果直接关系到塑件的产量和质量。对塑化的要求是:在规定时间内提供足够的熔融塑料,塑料熔体在进入塑料模型腔之前应达到规定的成型温度,而且熔体温度应均匀一致。

决定塑料塑化质量的主要因素是塑料的性能、受热状况和塑化装置的结构。通过料筒对塑料加热,使聚合物分子松弛,由固体向液体转变;而剪切作用则以机械力的方式强化混合和塑化过程,使塑料熔体的温度分布、物料组成和分子形态不发生改变,并更趋于均匀;同时螺杆的剪切作用能在塑料中产生更多的摩擦热,促进了塑料的塑化,因而螺杆式注射机对塑料的塑化比柱塞式注射机好得多。

总之,塑料的塑化是一个比较复杂的物理过程,它涉及固体塑料输送、熔化、熔体塑料输送等许多问题,还涉及注射机类型、料筒和螺杆结构及工艺条件的控制等。

(3) 注射

注射的过程可分为充模、保压、倒流、浇口冻结后的冷却 4 个阶段。

① 充模。充模是注射机柱塞或螺杆将塑化好的熔体推挤至料筒前端,经过喷嘴及模具浇注系统进入并充满型腔的过程。模具型腔内熔体迅速增加,压力也迅速增大,当熔体充满型腔后,其压力达到最大值。

② 保压。熔体在模具中冷却收缩时,继续保持施压状态的柱塞或螺杆迫使浇口附近的熔料不断补充入模具中,使型腔中的塑料能成型出形状完整而致密的塑件,这一阶段称为保压。直到浇口冻结时,保压结束。

③ 倒流。如果浇口尚未冻结,柱塞或螺杆后退,对型腔中熔体的压力解除,这时型腔中的熔料压力将比浇口流道的高,就会发生型腔中的熔料通过浇口流向浇注系统的倒流现象,使塑件产生收缩、变形及质地疏松等缺陷。如果浇口处的熔体已凝结,柱塞或螺杆开始后退,则倒流阶段不复存在。

④ 浇口冻结后的冷却。当浇注系统的塑料已经冻结后,继续保压已不再需要,因此可退回柱塞或螺杆,卸除对料筒内塑料的压力,并加入新料,同时模具中通入冷却水、油或空气等冷却介质,进行进一步的冷却,这一阶段称为浇口冻结后的冷却。实际上冷却过程从塑料注入型腔起就开始了,它包括从充模完成、保压到脱模前的这一段时间。

(4) 脱模

塑件冷却到一定的温度即可开模,在推出机构的作用下将塑料制品及凝料推出模外,如图 3-2 所示。脱模时,型腔压力要接近或等于外界压力,这样脱模顺利,塑件质量较好。型腔

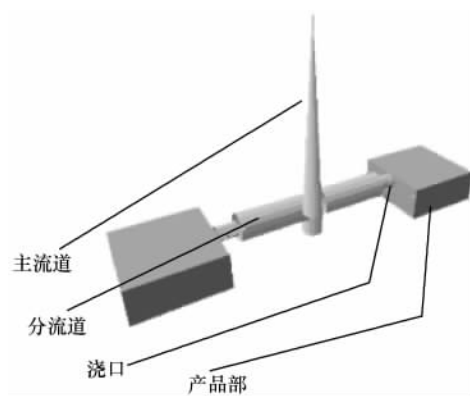


图 3-2 塑料制品和凝料

压力与外界压力之差称为残余压力。当残余压力为正值时,脱模较为困难,塑件容易被划伤或破坏;当残余压力为负值时,塑件表面容易产生凹陷或内部产生真空泡。

3. 塑件的后处理

一般的塑件被推出后,首先要将塑件和凝料在浇口处分离。分离时要注意不要损坏塑件,可用专用水口钳在浇口处小心分离,浇口处还可用小刀修复平整。

塑件分离后要进行适当的包装,存储备用。对于一模多穴的模具,塑件一般按模穴号进行分装,以便于质量控制和修模;同样,使用时也一般按模穴号

分别使用。模穴号一般标在塑件的内表面。

(三) 注射成型工艺参数的选择

在塑件的注射成型中,影响塑件质量的因素很多,但在塑料原材料、注射机和模具结构确定之后,注射成型工艺条件的选择与控制,便是影响成型顺利进行和塑件质量的关键因素之一,注射成型最重要的工艺条件是温度、压力和注射成型周期。

1. 温度的选择

在注射成型中需要控制的温度有料筒温度、喷嘴温度和模具温度。料筒温度和喷嘴温度主要影响塑料的塑化和塑料的流动性,而模具温度主要影响充模和冷却固化。

1) 料筒温度

料筒温度的选择,涉及的因素很多,主要有以下几方面。

(1) 塑料的黏流温度或熔点

不同的塑料,其黏流温度或熔点是不同的。对于非结晶型塑料,料筒末端温度应控制在它的黏流温度(T_f)以上;对于结晶型塑料,则应控制在其熔点(T_m)以上。但为了保证塑料不发生分解,料筒温度均不能超过塑料本身的分解温度(T_d),即料筒温度应控制在黏流温度或熔点与分解温度之间($T_f \sim T_d$ 或 $T_m \sim T_d$)。

对于黏流温度与分解温度相差较小的塑料(如硬聚氯乙烯),为防止塑料分解,料筒温度应取低一些。对于黏流温度与分解温度相差较大的塑料(如聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯),料筒温度可以比黏流温度高得多一些。

但是对于热敏性塑料(如聚甲醛、聚氯乙烯等),必须控制料筒的最高温度和塑料在料筒中停留的时间,防止塑料在高温下停留时间长而发生氧化降解。

(2) 塑料的相对分子质量及相对分子质量分布

同一种塑料,当平均分子质量大、分子质量分布较窄、熔体黏度大时,料筒温度应高些;而当平均分子质量小、分子质量分布宽、熔体黏度小时,料筒温度应低些。玻璃纤维增强塑料,随着玻璃纤维含量的增加,熔体流动性下降,因而料筒温度要相应地提高。

(3) 注射机类型

柱塞式注射机中塑料的热量仅靠料筒壁和分流梭表面传热,而且料层较厚,升温较慢,因此料筒的温度要高些;螺杆式注射机中的塑料会受到螺杆的搅拌混合,获得较多的剪切摩擦热,料层较薄,升温较快,因此料筒温度可以比柱塞式注射机低 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 。

(4) 塑件及模具结构

对于薄壁塑件,其相应的型腔狭窄,熔体充模的阻力大,冷却快,为了提高熔体流动性,便于充满型腔,料筒温度应取高一些。相反,对于厚壁制品,料筒温度可取低一些。对于形状复杂或带有嵌件的塑件,或熔体充模流程较长,料筒温度也应取高一些。

料筒是分段加热的,一般分三段加热,如图 3-1 中的加热器 5 所示。整个料筒温度的分布保持一定的梯度,从靠近料斗一端(送料段)起至喷嘴(前端)止是逐步升高的。料筒料斗一端主要是对塑料进行预备加热;压缩段的前半段温度要稍低于塑料的熔点,后半段的温度要高于塑料的熔点;而喷嘴前端的温度最高。

湿度较高的塑料可适当提高料筒后段温度。螺杆式注射机料筒中的塑料,由于受螺杆剪切摩擦作用,有助于塑化,所以为防止塑料过热分解,料筒前段的温度可以略低于中段。塑件注射量大于注射机额定注射量的 75% 或成型物料不预热时,料筒后段温度应比中段、前段低 5~10℃。

2) 喷嘴温度

喷嘴温度通常略低于料筒最高温度,以防止熔料在喷嘴处产生流涎现象;但温度也不能过低,以防止塑料在喷嘴凝固而堵塞喷嘴或将凝料注入型腔影响塑件的质量。虽然喷嘴温度低,但当塑料熔体经过狭小喷嘴时,会产生摩擦热,提高熔体进入模具型腔的温度。

料筒和喷嘴温度的选择和其他工艺条件有一定的关系,如注射压力、成型周期。注射压力高,则料筒温度应取低些;反之,料筒温度应取高些。如果成型周期长,塑料在料筒中受热时间长,则料筒温度应取低些;如果成型周期短,则料筒温度应取高些。

生产中一般根据经验数据,结合实际条件,初步确定适当的温度,然后通过熔体的对空注射和塑件的直观分析法进行调整,最终确定合适的料筒和喷嘴温度。

3) 模具温度

模具温度是指和塑件接触的模具型腔表壁温度,它决定了熔体的充型能力、塑件的冷却速度和成型后的塑件的内外质量等。

模具温度的选择与塑料品种和塑件的形状尺寸及使用要求有关。例如,对于结晶型塑料,采取缓冷或中速冷却有利于结晶,可提高塑件的密度和结晶度,塑件的强度和刚度较大,耐磨性也会比较好,但韧性和伸长率却会下降,收缩率也会增大,而急冷时则与此相反;对于非结晶型塑料,如果流动性较好,充型能力强,则通常采用急冷方式,可缩短冷却时间,提高生产效率。

模具温度一般是由通入定温的冷却或加热介质来控制的。对模温控制要求不严时,可以用空气冷却而不用通入任何介质。在某些情况下,还可采用电阻丝和电阻加热棒对模具加热来保持模具的定温。

2. 压力的选择

注射成型过程中的压力包括塑化压力和注射压力。

(1) 塑化压力

采用螺杆式注射机时,在塑料熔融、塑化过程中,熔料不断移向料筒前段(计量室内),且越来越多,逐渐形成一定压力,推动螺杆向后退。为了防止螺杆后退过快,确保熔料均匀压实,需要给螺杆提供一个反方向的压力,这个反方向阻止螺杆后退的压力称为塑化压力(也称背压)。塑化压力的大小由液压系统中的溢流阀调整。

塑化压力影响塑料的塑化过程、塑化效果和塑化能力。在其他条件相同的情况下,增大塑化压力,会提高熔体温度及温度的均匀性,有利于色料的均匀混合,也有利于排除熔体中的气

体。但塑化压力增大,会降低塑化速率,延长成型周期,严重时会导致塑料发生降解。一般在保证塑件质量的前提下,塑化压力越低越好,一般为 6MPa 左右,很少超过 20MPa。

(2) 注射压力

注射压力是指柱塞或螺杆顶部对塑料熔体所施加的压力。其作用是注射时克服熔体流动充模过程中的流动阻力,使熔体具有一定的充模速率;充满型腔后对熔体进行压实和防止倒流。注射压力的大小取决于注射机的类型、塑料的品种、模具结构、模具温度、浇注系统的结构和尺寸及塑件的形状等。在注射机上注射压力有压力表指示大小,一般为 40~130MPa。

一般情况下,黏度高的塑料注射压力大于黏度低的塑料;薄壁、面积大、形状复杂的塑件注射压力高;模具结构简单,浇口尺寸较大,注射压力较低;柱塞式注射机的注射压力大于螺杆式注射机;料筒温度和模具温度高,注射压力较低。表 3-3 列出了部分塑料的注射压力。

表 3-3 部分塑料的注射压力 单位:MPa

塑 料	注 射 条 件		
	流动性好的厚壁塑件	流动性中等的一般塑件	流动性差的薄壁窄浇口制件
聚酰胺(PA)	90~101	101~140	>140
聚甲醛(POM)	85~100	100~120	120~150
ABS	80~110	100~120	120~150
聚苯乙烯(PS)	80~100	100~120	130~150
聚氯乙烯(PVC)	100~120	120~150	>150
聚乙烯(PE)	70~100	100~120	120~150
聚碳酸酯(PC)	100~120	120~150	>150
聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)	100~120	120~150	>150

由于影响注射压力的因素很多,关系较复杂,所以正式生产之前,应从较低注射压力开始注射试成型,再根据塑件的质量决定增减,最后确定合理的注射压力。

熔体充满模具型腔后,还需要一定时间的保压。在生产中,保压的压力等于或小于注射压力。保压时压力高,可得到密度较大、收缩率小、力学性能较好的塑件,但脱模后的塑件内残余应力较大,脱模困难。

3. 注射成型周期的确定

注射成型周期指完成一次注射成型工艺过程所需的时间,它包括注射成型过程中所有的时间。注射成型周期直接影响生产效率和设备利用率,注射成型周期的时间组成如表 3-4 所示。

表 3-4 注射成型周期的时间组成

成型周期	注射时间	充模时间(螺杆或柱塞前进时间)	
		保压时间(螺杆或柱塞停留在前进位置上的时间)	总冷却时间
	合模冷却时间	包括螺杆转动后退或柱塞后撤的时间	
	其他时间	开模、脱模、喷涂脱模剂、安放嵌件、合模时间	

在整个成型周期中,注射时间和冷却时间最为重要。它们既是成型周期的主要组成部分,又对塑件的质量有决定性的影响。注射时间中的充模时间与充模速率成反比,而充模速率取

决于注射速率。为保证塑件质量,应正确控制充模速率。对于熔体黏度高、玻璃化温度高、冷却速率快的塑件和玻璃纤维增强塑件、低发泡塑件应采用快速注射(即高压注射)。

生产中,充模时间一般不超过 10s。注射时间中的保压时间,在整个注射时间内所占的比例较大,一般为 20~120s(厚壁塑件可达 5~10min)。保压时间的长短由塑件的结构尺寸、料温、主流道及浇口大小决定。在工艺条件正常、主流道及浇口尺寸合理的情况下,最佳的保压时间通常是塑件收缩率波动范围最小时的时间。

冷却时间主要由塑件的壁厚、模具的温度、塑料的热性能以及结晶性能决定。冷却时间的确定应以保证塑件脱模时不引起变形为原则,一般为 30~120s。冷却时间过长,不仅会延长成型周期,降低生产效率,对复杂塑件有时还会造成塑件脱模困难。

成型周期中的其他时间与生产自动化程度和生产组织管理有关。应尽量减少这些时间,以缩短成型周期,提高劳动生产率。表 3-5 列出了常用热塑性塑料注射成型工艺条件,其中包括注射成型周期中的时间。

(四) 注射成型对塑件质量的影响

注射塑件的质量分为内部质量和外部质量。内部质量包括塑件内部的组织结构形态、塑件的密度、塑件的物理力学性能。外部质量就是塑件的表面质量,包括表面尺寸、表面粗糙度和表面缺陷。注射成型生产过程中塑件最常见的缺陷有水纹、缩孔、应力开裂、翘曲变形等。影响塑件质量的因素很多,塑件质量不仅取决于塑料原材料、注射机、模具结构,而且取决于注射成型工艺参数是否合理。表 3-6 列出了产生塑件缺陷的因素。

(五) 塑料制品的后加工

塑件在成型之后,往往不能直接使用,特别是外观件,在装配产品之前需要进行喷漆、印刷、烫金和电镀等后加工。塑件最常见的后加工是喷漆和印刷。

1. 塑件喷漆

塑件喷漆是指利用涂装设备和工具,将油漆等涂料薄而均匀地涂布在塑件表面的工艺。塑件喷漆主要是为了达到塑件颜色要求和提高塑件外观质量。例如,很多手机后盖的颜色是通过喷漆来完成的,在满足颜色要求的同时,极大地提高了外观质量。此外喷漆还有一定的保护、防静电等作用。

塑件喷漆目前所用的方法主要是空气喷涂法,即利用压缩空气,将涂料从喷枪中喷出并雾化,在气流带动下涂到被涂件表面上形成涂膜的一种涂装方法。其优点是适用范围广,涂装效率高,涂膜质量好;缺点是涂料消耗大(利用率为 50%),环境污染较严重,对操作工人的健康有损害。

常用喷涂设备有喷枪、压缩空气供给和净化系统、输漆装置、喷漆室等。如图 3-3 所示是一条手工喷漆生产线。

喷漆的技术指标主要有以下几个。

- ① 颜色及外观:按照色差标准及外观检验标准来检测。
- ② 附着性:涂膜和塑件表面之间相互粘结的能力。
- ③ 膜厚:涂层的厚度。
- ④ 耐磨性:一般检测抗酒精擦拭能力。

2. 塑件印刷

塑件印刷一般是在经过喷漆后的塑件表面印制商标图案、相关文字或装饰图案。塑件印刷主要有两种方式:移印和丝印。

表 3-5 常用热塑性塑料注射成型工艺条件

项目	塑料	塑料	HDPE	乙丙共聚 PP	PP	玻纤增强 PP	软 PVC	硬 PVC	PS	HIPS	ABS	高抗冲 ABS	耐热 ABS	阻燃 ABS	透明 ABS
		LFPE	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
注射机类型		柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/rpm		—	30~60	—	30~60	30~60	—	20~30	—	30~60	30~60	30~60	30~60	20~50	30~60
喷嘴形式		直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度(℃)		15~170	150~180	170~190	170~190	180~190	140~150	150~170	160~170	160~170	180~190	190~200	190~200	180~190	190~200
料筒前段温度(℃)		170~200	180~190	180~200	180~220	190~200	160~190	170~190	170~190	170~190	200~210	200~210	200~220	190~200	200~220
料筒中段温度(℃)		—	180~200	190~220	200~220	210~220	—	165~180	—	170~190	210~230	210~230	220~240	200~220	220~240
料筒后段温度(℃)		140~160	140~160	150~170	160~170	160~170	140~150	160~170	140~160	140~160	180~200	180~200	190~220	170~190	190~200
模具温度(℃)		30~45	30~60	50~70	40~80	70~90	30~40	30~60	20~60	20~50	50~70	50~80	60~85	50~70	50~70
注射压力(MPa)		60~100	70~100	70~100	70~120	90~130	40~80	80~130	60~100	60~100	70~90	70~120	85~120	60~100	70~100
保压压力(MPa)		40~50	40~50	40~50	50~60	40~50	20~30	40~60	30~40	30~40	50~70	50~70	50~80	30~60	50~60
注射时间(s)		0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	0~8	2~5	0~3	0~3	35	3~5	3~5	3~5	0~4
保压时间(s)		15~60	15~60	15~60	20~60	15~40	15~40	15~40	15~40	15~40	15~30	15~30	15~30	15~30	15~40
冷却时间(s)		15~60	15~60	15~50	15~50	15~40	15~30	15~40	15~30	10~40	15~30	15~30	15~30	10~30	10~30
成型周期(s)		40~140	40~140	40~120	40~120	40~100	40~80	40~90	40~90	40~90	40~70	40~70	40~70	30~70	30~80

续表

项目		塑料	玻纤增强 PA-66		PA610	PA312	PA1010		玻纤增强 PA1010		PC		PC/PE		玻纤增强 PC	PSU	改性 PSU
			螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式
注射机类型			螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速 /rpm			20~40	20~50	20~50	20~50	—	20~40	—	20~40	—	20~40	—	20~40	—	20~30	20~30
喷嘴形式			直通式	自锁式	自锁式	自锁式	自锁式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
喷嘴温度(℃)			250~260	200~210	200~210	190~200	190~210	180~190	180~190	230~250	240~250	230~250	240~250	230~240	240~260	280~290	250~260
料筒前段温度(℃)			260~270	220~230	210~220	200~210	230~250	210~230	240~260	240~280	270~300	230~250	250~280	260~290	260~290	290~310	260~280
料筒中段温度(℃)			260~290	230~250	210~230	220~240	—	230~260	—	260~290	—	240~260	—	270~310	300~330	280~300	
料筒后段温度(℃)			230~260	200~210	200~205	190~200	180~200	190~200	190~200	240~270	260~290	230~240	240~260	260~280	280~300	260~270	
模具温度(℃)			100~120	60~90	40~70	40~80	40~80	40~80	40~80	90~110	90~110	80~100	80~100	90~110	130~150	80~100	
注射压力(MPa)			80~130	70~110	70~120	70~100	70~120	90~130	100~130	80~130	110~140	80~120	80~130	100~140	100~140	100~140	
保压压力(MPa)			40~50	20~40	30~50	20~40	30~40	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	
注射时间(s)			3~5	0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	2~5	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	0~5	
保压时间(s)			20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~40	20~40	20~80	20~80	20~80	20~80	20~80	20~60	20~80	
冷却时间(s)			20~40	20~40	20~50	20~40	20~40	20~40	20~40	20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	
成型周期(s)			50~100	50~100	50~110	50~100	50~100	50~90	50~90	50~130	50~130	50~140	50~140	50~140	50~110	50~140	

表 3-6 产生塑件缺陷的因素

因素 \ 缺陷	表面有水纹	痕迹、条纹	毛口、飞边	熔接痕	光洁度不佳	缺口、少边	烧黄、烧焦	变色、混色等	成型品变形	成型品太厚	裂纹、裂口
机筒温度过低		●		●	●	●		●			●
机筒温度过高			●				●	●	●	●	
注塑压力过低		●		●	●						
注塑压力过高			●				●			●	●
注塑保压时间过短									●		
注塑保压时间过长			●							●	●
射出速度太快		●					●				
射出速度太慢					●			●			
冷却不充分		●							●		
模具温度控制不良		●			●						●
注塑周期过短									●		
注塑周期过长					●		●				
注塑口、流道或喷嘴太大										●	
注塑口、流道或喷嘴太小		●		●	●	●		●			
注塑口位置不佳		●		●	●	●					
模具合模力过低			●							●	
模具出气孔不适	●			●	●		●				
进料不足					●	●			●		
树脂干燥温度、时间不适	●						●				●
颗粒中混入其他物质	●				●		●	●			
清机不良		●					●	●			
脱模剂、防锈油不适					●			●			
粉碎树脂加入不适	●	●					●	●			●
树脂流动太慢				●		●					
树脂流动太快			●								



图 3-3 手工喷漆生产线

(1) 移印

移印是用橡胶胶头沾取钢板凹陷字体、图案处的油墨,再转印到产品上。移印一般用于印制商标等面积较小的文字或图案,特别是在曲面上印刷文字和图案。移印的主要设备是移印机,还要用到钢板、胶头和专门设计的工装夹具。移印机还需要使用压缩空气,气压一般为 $30\sim 40\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

(2) 丝印

丝印又叫网印,是用网板进行印刷的工艺。按照所要印刷的内容在网板上将胶膜腐蚀掉,油墨从胶膜腐蚀掉的地方穿过印在产品上。网板的密度为 $250\sim 300$ 目。丝印主要用于平面上较大面积文字或图案的印刷。

丝印主要用到油墨刮刀、丝印台、固定产品的夹具等。

如图 3-4 所示是移印和丝印的设备。



图 3-4 移印和丝印的设备

【项目训练 1】

根据塑料原材料成型特点和手机后盖(见图 0-2)的结构特点,初步制定注射成型工艺参数,并自制表格,填写工艺参数。

思考方法:

- ① 手机后盖原材料的成型特点。
- ② 手机后盖的结构复杂程度和模具结构特点。
- ③ 根据初步确定的工艺参数进行试模的结果,设想几种可能出现的塑件缺陷,并提出相应的调整注射工艺参数的措施。

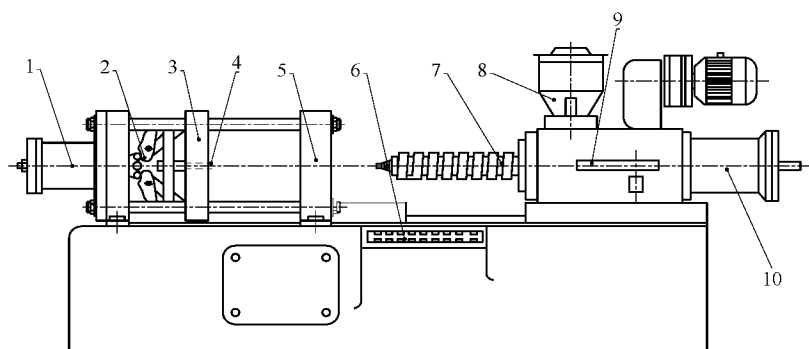
二、注射机的选择和校验

(一) 注射机的基本结构和工作过程

1. 注射机的基本结构

注射机是塑料成型加工的主要设备之一。注射机主要由注射装置、合模装置、液压传动系统和电气控制系统等组成。如图 3-5 所示为卧式注射机示意图,图 3-6 为实物图。

① 注射装置的主要作用是将各种形态的塑料均匀地熔融塑化(塑化是指塑料在料筒内经加热达到流动状态并具有良好的可塑性的过程),并以足够的压力和速度将一定量的熔料注射



1—锁模液压缸；2—锁模机构；3—移动模板；4—顶杆；5—固定板；6—控制台；
7—料筒；8—料斗；9—定量供料装置；10—注射液压缸

图 3-5 卧式注射机示意图

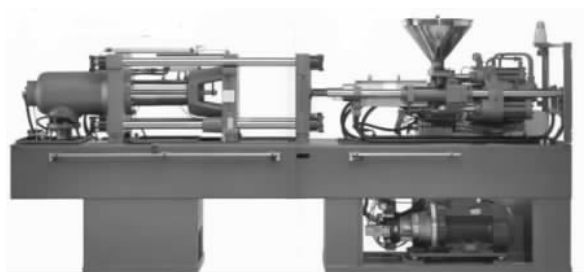


图 3-6 卧式注射机实物图

到模具的型腔内,当熔料充满型腔后,仍要保持一定的压力和作用时间,使其在合适的压力作用下冷却定型。

注射装置主要由塑化部件(螺杆、料筒、喷嘴)、料斗、计量装置、传动装置、注射油缸及移动油缸等组成。

② 合模装置的作用是实现模具的闭合并锁紧,以保证注射时模具可靠地闭合及推出制件。合模装置主要由前后固定板、移动模板、连接前后固定板的拉杆、合模油缸、移动油缸、连杆机构、调模装置及塑料顶出装置等组成。

③ 液压传动系统和电气控制系统的作用是保证注射机按工艺过程的动作程序和预定的工艺参数(压力、速度、温度、时间等)要求准确有效地工作。液压传动系统主要由各种液压元件和回路及其他附属设备组成。电气控制系统则主要由控制元器件及各种电气仪表等组成。

2. 注射机的工作过程

(1) 加热、预塑化

螺杆在传动系统的驱动下,将来自料斗的物料向前输送、压实,在料筒加热器和螺杆的剪切、摩擦混合作用下,物料逐渐熔融,在料筒的头部已积聚了一定量的熔融塑料,在熔体的压力下螺杆缓慢后退。后退的距离由计量装置依据一次注射所需的量来调整,当达到预定的注射量后,螺杆停止旋转和后退。

(2) 合模和锁紧

锁模机构推动动模板及安装在动模板上的模具动模部分与定模板上的模具定模部分合模并锁紧,以保证成型时提供足够的夹紧力使模具锁紧。

(3) 注射装置前移

当合模完成后,整个注射座被推动前移,以便注射机喷嘴与模具主浇道口完全贴合。

(4) 注射、保压

在注射机喷嘴完全贴合模具浇口以后,高压油进入注射液压缸,推动螺杆相对料筒前移,将积聚在料筒头部的熔体以足够的压力注入模具的型腔。因温度降低会使塑料体积产生收缩,为保证塑件的致密性、尺寸精度和力学性能,需要对模具型腔内的熔体保持一定的压力,以补充塑件的收缩。

(5) 卸压

当模具浇口处的熔体冻结时,即可卸压。

(6) 注射装置后退

一般来说,卸压完成后,螺杆即可旋转、后退,以完成下一次的加料、预塑化过程。

(7) 开模、顶出塑件

模具型腔内的塑件经冷却定形后,锁模机构开模,并且推出模具内的塑件。

3. 注射机的分类与特点

(1) 按机器外形特征分类

按机器外形特征可分为卧式注射机、立式注射机和角式注射机。

① 卧式注射机如图 3-7(a)所示。卧式注射机的注射装置与合模装置的轴线同一线水平排列。优点是机身低,便于操作和维修;机器重心低,安装稳定性好;塑件顶出后可利用其自重而自动下落,容易实现自动操作。缺点是模具的安装和嵌件的安放比较麻烦,占地面积较大。这种类型对于大、中、小型注射机都适用,是目前国内外大、中型注射机广为采用的形式。

② 立式注射机如图 3-7(b)所示。立式注射机注射装置与合模装置的轴线同一线垂直排列。优点是占地面积小;模具的装拆和嵌件的安放都较方便。缺点是塑件顶出后常要人工取出,不易实现自动化;由于机身高,机器重心较高,机器的稳定性较差,维修和加料也不方便。这种类型的注射机多为注射量在 60cm^3 以下的小型注射机。

③ 角式注射机如图 3-7(c)所示。角式注射机是介于卧式和立式之间的一种形式,它的注射装置与合模装置的轴线互相垂直排列,注射装置的轴线与模具的分型面处于同一平面上,其布置有两种形式。优点是结构简单,注射成型时熔料从模具的侧面进入型腔,特别适用于加工中心部分不允许留有浇口痕迹的制品。缺点是开合模机构是纯机械传动,无法准确可靠地注射和保持压力及锁模力,模具受冲击和振动较大。

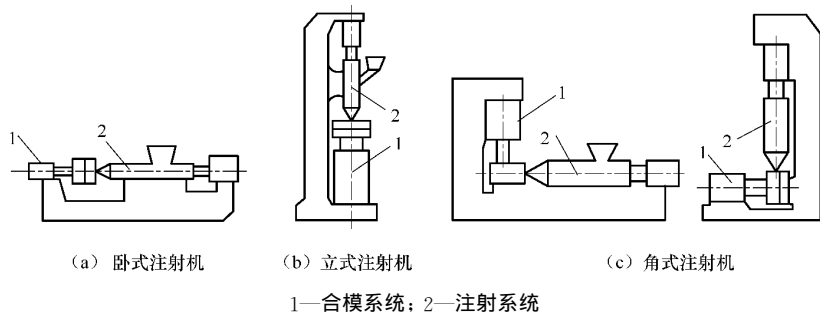


图 3-7 注射机类型

(2) 按塑料在料筒内的塑化方式分类

按塑料在料筒内的塑化方式可分为柱塞式注射机和螺杆式注射机。

① 柱塞式注射机。注射柱塞是直径为 20~100mm 的金属圆杆,当其后退时物料自料斗定量地落入料筒内。柱塞前进时,原料通过料筒与分流梭的腔内,将塑料分成薄片,均匀加热,塑料在剪切作用下进一步混合和塑化,并完成注射。立式注射机多为柱塞式,适用于注射量小于 30g、不易成型、流动性差、热敏性强的塑料。柱塞式注射机由于自身结构特点,在注射成型中存在着塑化不均、注射压力损失大等问题。

② 螺杆式注射机。螺杆在料筒内旋转时,将料斗内的塑料卷入,逐渐压实、排气和塑化,将塑料熔体推向料筒的前段,积存在料筒顶部和喷嘴之间,螺杆本身受熔体的压力而缓慢后退。当积存的熔体达到预定的注射量时,螺杆停止转动,在液压缸的推动下,将熔体注入模具。卧式注射机多为螺杆式。

4. 注射机的规格型号

注射机产品型号表示方法各国不尽相同,国内也没有完全统一。目前国内常用的型号编制方法有机械部标准(JB2485—1978),由基本型号和辅助型号两部分组成,如图 3-8 所示。

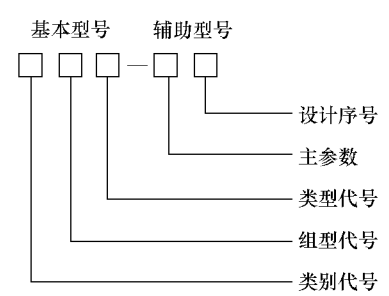


图 3-8 国产注射机型号表示方法

型号中的第一项为类别代号,塑料机床类,以大写字母“S”表示。第二项为组型代号,注射成型组以大写字母“Z”表示。第三项为类型代号,用于区别通用型和专用型,通用型则省略,专用型则用相应的汉语拼音大写字母表示,如多模注射机以“M”(模)表示,多色注射机以“S”(色)表示,混合多色注射机以“H”(混)表示,热固性塑料注射机以“G”(固)表示。第四项代表注射容量主参数,以阿拉伯数字表示,单位为 cm³。卧式基本型主参数前不加注代号,立式的加注“L”(立),角式的加注“J”(角)。如果是不带预

塑的柱塞式注射机,则在代号前加注“Z”(柱)。例如,SZ—ZL30 表示注射容量为 30cm³ 的立式柱塞式塑料注射成型机。

国际上比较通用的是注射容积与合模力共同表示法。注射容积与合模力从成型塑件质量与合模力两个主要方面表示设备的加工能力,因此比较全面合理。例如,SZ—63/400 表示塑料注射机(SZ),理论注射容积为 63cm³,合模力为 400kN。

此外,还有用 XS—ZY 表示注射机型号的,如 XS—ZY—125A,XS—ZY 指预塑式(Y)塑料(S)注射(Z)成型(X)机,125 表示设备的注射容积为 125cm³,A 表示设备设计序号第一次改型。也有塑料机械生产厂家为了加强宣传作用,用厂家名称缩写加上注射容积或合模力数值来表示注射机的规格。例如,HD188 为宁波市海达塑料机械有限公司生产的注射机,188 表示注射机的合模力为 1880kN。

表 3-7 列出了部分 XS—Z、XS—ZY 系列注射机的主要技术参数。

表 3-7 部分 XS—Z、XS—ZY 系列注射机的主要技术参数

项 目 \ 型 号	XS—Z 30/25	XS—Z 60/50	XS—ZY 60/40	XS—ZY 125/90	XS—ZY 250/180	XS—ZY 250/160	XS—ZY 350/250
螺杆直径/mm	30	40	35	42	50	50	55
注射容量/cm³	30	60	60	125	250	250	350
注射质量/g	27	55	55	114	228	228	320
注射压力/MPa	116	120	135	116	147	127	107

续表

项 目 \ 型 号	XS—Z 30/25	XS—Z 60/50	XS—ZY 60/40	XS—ZY 125/90	XS—ZY 250/180	XS—ZY 250/160	XS—ZY 350/250
注射速率/(g/s)	38	60	70	72	114	134	145
塑化能力/(kg/h)	13	20	24	35	55	55	70
注射方式	柱塞式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN	250	500	400	900	1800	1600	2500
移模行程/mm	160	180	270	300	500	350	260
拉杆间距/mm	235	190×300	330×300	260×290	295×373	370×370	290×368
最大模厚/mm	180	200	250	300	350	400	400
最小模厚/mm	60	70	150	200	200	200	170
合模方式	肘杆	肘杆	液压	肘杆	液压	肘杆	肘杆
顶出行程/mm	140	160	70	180	90	220	240
顶出力/kN	12	15	12	15	28	30	35
定位孔径/mm	55	55	80	100	100	100	125
喷嘴移出量/mm	10	10	20	20	20	20	20
喷嘴球半径/mm	10	10	10	10	18	18	18
系统压力/MPa	6	6	14.2	6	6	6.8	6
电动机功率/kW	5.5	11	15	15	24	39	24
加热功率/kW	2.2	2.7	4.7	5	9.8	6.7	10
外形尺寸(长×宽 ×高,m×m×m)	2.4×0.8 ×1.5	3.5×0.9 ×1.6	3.3×0.9 ×1.6	3.4×0.8 ×1.6	4.7×1 ×4.5	5×1.3 ×1.9	4.7×4 ×1.8
质量/t	1	2	3	3.5	4.5	6	7
项 目 \ 型 号	XS—ZY 500/350	XS—ZY 500/200	XS—ZY 1000/450	XS—ZY 1000/550	XS—ZY 2000/600	XS—ZY 3000/630	XS—ZY 4000/1000
螺杆直径/mm	65	65	85	100	110	120	130
注射容量/cm ³	500	500	1000	1000	2000	3000	4000
注射质量/g	455	455	910	910	1820	2730	3640
注射压力/MPa	102	132	118	118	108	113	125
注射速率/(g/s)	168	168	303	325	455	718	910
塑化能力/(kg/h)	80	110	125	180	195	245	290
注射方式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
锁模力/kN	3500	2000	4500	5500	6000	6300	10000
移模行程/mm	500	500	700	700	750	1120	1100
拉杆间距/mm	540×440	540×440	650×550	650×550	760×700	900×800	1050×950
最大模厚/mm	450	440	700	700	800	960	1000
最小模厚/mm	300	240	300	300	500	400	250
合模方式	肘杆	液压	液压	液压	肘杆	液压	液压
顶出行程/mm	100	128	190	190	125	200	150
顶出力/kN	58	41	95	95	120	110	160
定位孔径/mm	180	160	150	225	198	225	300

续表

项 目 \ 型 号	XS—ZY 500/350	XS—ZY 500/200	XS—ZY 1000/450	XS—ZY 1000/550	XS—ZY 2000/600	XS—ZY 3000/630	XS—ZY 4000/1000
喷嘴移出量/mm	30	30	30	30	25	30	50
喷嘴球半径/mm	18	20	18	18	18	18	18
系统压力/MPa	6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
电动机功率/kW	29.5	41	64	62.5	103	137	182
加热功率/kW	14	17	16.5	18	21	40	45.4
外形尺寸 (长×宽×高, m×m×m)	6.5×1.3 ×2	6×1.5×2	7.7×1.8 ×2.4	7.4×1.7 ×24	10.9×1.9 ×3.5	11×2.9 ×3.2	14×2.4 ×2.9
质量/t	12	9	20	25	37	50	65

(二) 注射机的选用和注射模的关系

任何注射模都是安装在注射机上使用的,在注射成型生产中二者密不可分。注射机的选用就是根据所生产的塑件确定注射机的型号,使塑件的注射模及注射工艺等所要求的注射机的规格参数在可调的范围内,同时调整注射机的技术参数至所需要的注射成型工艺参数。

设计注射模时,首先要确定模具的结构、类型和尺寸,同时还必须了解模具和注射机的关系及注射机有关工艺参数、模具安装部位的相关尺寸。因此,要对模具和注射机的相关参数,如模具的型腔个数、注射机的最大注射量、最大注射压力、锁模力、相关安装尺寸、开模行程和顶出装置等进行校核,并通过校核来设计模具和选用注射机型号,确保设计出的模具能在所选用的注射机上安装和使用。

1. 型腔数量的确定和校核

设计模具,首先就要确定模具型腔的数量。型腔的数量与注射机的塑化速率、最大注射量、锁模力有关,因此必须从这三个方面对型腔的数量进行校核。

(1) 按注射机的额定塑化量确定型腔数量

$$n \leqslant (KMT/3600 - M_1)/M_2 \quad (3-1)$$

式中, n ——型腔数量;

K ——注射机额定塑化量的利用系数,一般取 0.8;

M ——注射机的额定塑化量(g/h 或 cm^3/h);

T ——成型周期(s);

M_1 ——浇注系统所需塑料质量或体积(g 或 cm^3)。

M_2 ——单个塑件的质量或体积(g 或 cm^3)。

(2) 按注射机的最大注射量确定型腔数量

$$n \leqslant (KM_p - M_1)/M_2 \quad (3-2)$$

式中, M_p ——注射机允许的最大注射量(g/h 或 cm^3/h);

K ——注射机最大注射量的利用系数,一般取 0.8。

(3) 按注射机的额定锁模力确定型腔数量

$$n \leqslant (F_p - PA_1)/PA \quad (3-3)$$

式中, F_p ——注射机的额定锁模力(N);

P ——塑料熔体对型腔的压力(MPa),一般取注射压力的 80%;

A_1 ——浇注系统在模具分型面上的投影面积(mm^2);

A ——塑件在模具分型面上的投影面积(mm^2)。

用上述三种方法确定型腔数量时,还需要考虑塑件的生产成本和尺寸精度。型腔数量多,则塑件成本低,但同时塑件的尺寸精度将降低。生产经验表明,每增加一个型腔,塑件的尺寸精度将降低 4%~8%。此外,由于型腔数量多,模具尺寸增大,还应考虑注射机的安装模板的尺寸。

2. 最大注射量的校核

塑件和浇注系统凝料的总质量一般要小于注射机公称注射量的 80%。最大注射量的校核应注意的是柱塞式注射机和螺杆式注射机标定的公称注射量是不同的。国际上规定柱塞式注射机的公称注射量以一次注射聚苯乙烯的最大克数为标准,而螺杆式注射机的公称注射量以螺杆在料筒中的最大推出容积表示。

3. 注射压力的校核

注射压力的校核是校核注射机的额定注射压力能否满足塑件成型时所需的压力。注射机的额定注射压力应大于塑件成型所需要的注射压力。

$$P \geq p \quad (3-4)$$

式中, P ——注射机公称注射压力(MPa);

p ——塑料成型时所需的注射压力(MPa)。

注射压力受浇注系统、型腔内阻力、模具温度等因素影响。注射压力过大,飞边大,脱模困难,塑件表面质量差,内应力大;注射压力过小,塑料熔体不能顺利充满型腔,无法成型。

4. 锁模力的校核

锁模力也称合模力,是指注射机的合模装置对模具所施加的最大夹紧力。由于高压塑料熔体充满型腔时,会产生一个沿注射机轴向(模具开合方向)的很大推力,这个力如果大于注射机的公称锁模力,将产生溢料现象。因此,注射机的公称锁模力必须满足:

$$F > p(A + A_1) \quad (3-5)$$

式中,符号意义同前。

5. 安装部分的尺寸校核

设计模具时应校核的主要参数有喷嘴尺寸、定位圈尺寸、最大模具厚度、最小模具厚度及模板上的安装螺孔尺寸。

(1) 喷嘴尺寸

模具需要与注射机对接,所以模具的主流道始端应与注射机喷嘴头球面半径相适应,如图 3-9(a)所示。注射机前端的 R_0 、前端孔径 d_0 与模具主流道浇口套始端的 R 和小端直径 d 应满足下列关系:

$$R = R_0 + (1 \sim 2) \text{mm}$$

$$d = d_0 + (0.5 \sim 1) \text{mm}$$

浇口套球面半径 R 比喷嘴球面半径 R_0 大 1~2mm,保证高压熔体不从狭缝处溢出。浇口套小端孔径 d 比喷嘴孔径 d_0 大 0.5~1mm,保证注射成型时在主流道处不形成死角,无熔料积存,便于主流道内的塑料凝料脱出。如图 3-9(b)所示是配合不良的情况。

(2) 定位圈尺寸

为了使模具的主流道的中心线与注射机喷嘴的中心线相重合,注射机定模板上设有一个定位孔,模具的定位部分(或主流道衬套)要设有一个凸台,即定位圈,两者之间按一定的间隙

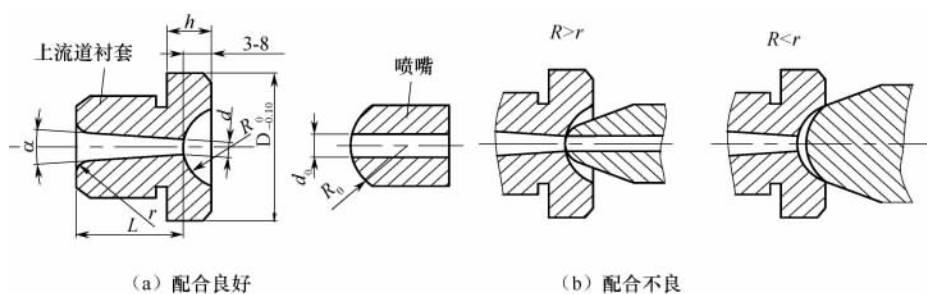


图 3-9 喷嘴和浇口套的关系

配合,如图 3-10 所示。

对于 h , 小型模具取 $8 \sim 10\text{mm}$, 大型模具取 $10 \sim 15\text{mm}$ 。

(3) 模具厚度

注塑模的动、定模两部分闭合后,沿闭合方向的长度称为模具厚度或模具闭合高度。各种规格的注射机,可安装模具的最大厚度和最小厚度均有限制,在设计模具时应使模具的总厚度处于注射机可安装模具的最大厚度和最小厚度之间,如图 3-11 所示;同时应校核模具的外形尺寸,使模具能从注射机拉杆之间装入。

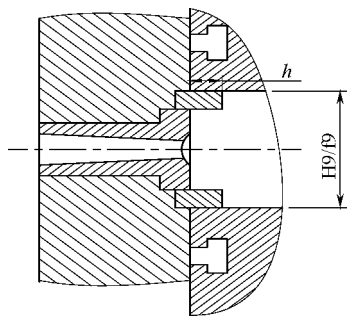


图 3-10 模具的定位圈和
注射机定位孔的配合

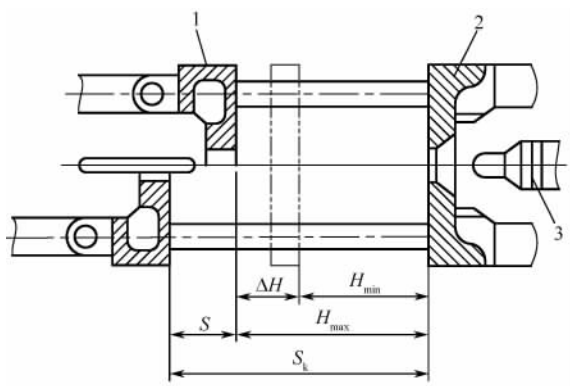


图 3-11 注射机动、定模固定板的间距

一般情况下,实际模具厚度 H_M 与注塑机允许安装的最大模厚 H_{\max} 及最小模厚 H_{\min} 必须满足下面的条件:

$$H_{\min} \leq H_M \leq H_{\max} \quad (3-6)$$

$$H_{\max} = H_{\min} + \Delta H$$

式中, H_M ——模具闭合厚度(mm);

H_{\min} ——注射机允许的最小模具厚度(mm);

H_{\max} ——注射机允许的最大模具厚度(mm);

ΔH ——注射机调节螺母的长度(mm)。

如果对所选用的注塑机,出现 $H_M < H_{\min}$ 的情况,可加设垫板以增大 H_M 解决合模问题。

(4) 模具的安装和紧固

模具的动模安装在注射机动模板上,模具的定模安装在注射机定模板上。为了安装紧固模具,注射机上的动模和定模两个固定板上都开有许多间距不同的螺孔。因此,设计模具时必须

须注意模具的安装尺寸应当与这些螺孔的位置及孔径相适应(只要保证与其中一组对应即可),以便将动模和定模分别紧固在对应的两个固定板上。

模具常用的安装紧固方法有两种:一种是在模具的安装部位打螺栓通孔,用螺栓直接和注射机的固定板紧固,如图 3-12(a)所示;另一种是采用压板压紧模具的安装部位,如图 3-12(b)所示。一般较轻的模具采用压板固定,较重的模具采用螺栓固定。

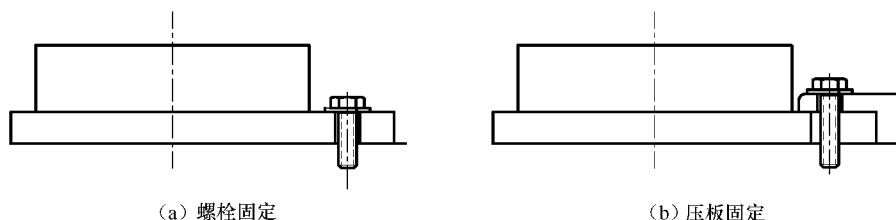


图 3-12 模具的安装紧固方式

6. 开模行程和顶出机构的校核

开模行程也称合模行程,指模具开合过程中动模固定板的移动距离,用符号 S 表示。注射机的开模行程是有限制的,塑件从模具中取出时所需的开模距离必须小于注射机的最大开模距离,否则塑件无法从模具中取出。开模行程直接影响模具所能成型制品的高度。因此,设计模具时必须校核注塑机的开模行程和所需要的开模距离是否相适应。下面分三种情况加以讨论。

(1) 注射机最大开模行程与模具厚度无关

当注射机采用液压机械联合作用的锁模机构时,如 XS—Z30、XS—ZY—125、XS—Z—50 等,最大开模行程由连杆机构的最大行程决定,并不受模具厚度的影响,即注射机最大开模行程与模具厚度无关。在这类注射机上使用单分型面和双分型面注塑模,可分别用下面两种方法校核模具所需的开模距离是否与注塑机的最大开模行程相适应。

① 对于单分型面注塑模(见图 3-13):

$$S_{\max} \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (3-7)$$

② 对于双分型面注塑模(见图 3-14):

$$S_{\max} \geq H_1 + H_2 + \alpha + (5 \sim 10) \text{ mm} \quad (3-8)$$

式中, H_1 ——塑件所用的脱模距离(mm);

H_2 ——塑件和塑件的浇注系统凝料总高度(mm);

α ——取出浇注系统凝料必需的长度(mm)。

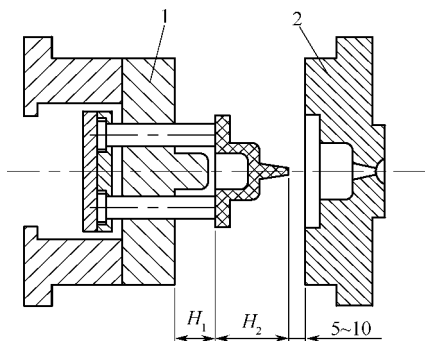


图 3-13 单分型面注射模开模情况

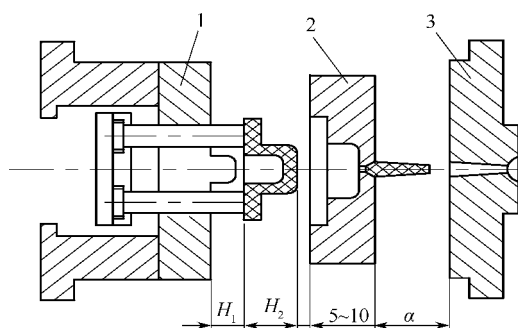


图 3-14 双分型面注射模开模情况

(2) 注射机最大开模行程与模具厚度有关

当注射机采用全液压式合模系统时,如 XS—ZY—250 和机械合模的 SY—45、SYS—20 等,其最大开模行程直接与模具厚度有关,即

$$S_{\max} = S_k - H_M \quad (3-9)$$

式中, S_k ——注射机动模固定板和定模固定板的最大间距(mm);

H_M ——模具厚度(mm)。

如果在上述注塑机上使用单分型面或双分型面模具,可分别用下面两种方法校核模具所需的开模距离是否与注塑机的最大开模行程 S_{\max} 相适应。

① 对于单分型面注塑模(见图 3-13):

$$S_{\max} = S_k - H_M \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{mm} \quad (3-10)$$

或

$$S_k \geq H_M + H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{mm} \quad (3-11)$$

② 对于双分型面注塑模(见图 3-14):

$$S_{\max} = S_k - H_M \geq H_1 + H_2 + \alpha + (5 \sim 10) \text{mm} \quad (3-12)$$

或

$$S_k \geq H_M + H_1 + H_2 + \alpha + (5 \sim 10) \text{mm} \quad (3-13)$$

式中,符号意义同前。

(3) 有侧向抽芯时的最大开模行程校核

当模具需要利用开模动作完成侧向抽芯动作时,如图 3-15 所示,所需最大开模行程还要考虑侧向抽芯抽拔距离。设完成侧向抽芯动作的开模距离为 H_c ,则可分以下两种情况校核模具所需的开模距离是否与注塑机的最大开模行程相适应。

① 当 $H_c > H_1 + H_2$ 时,可用 H_c 代替前面诸校核公式中的 $H_1 + H_2$,其他各项均保持不变。

② 当 $H_c \leq H_1 + H_2$ 时,可不考虑 H_c 对最大开模行程的影响,仍用以上诸式进行校核。

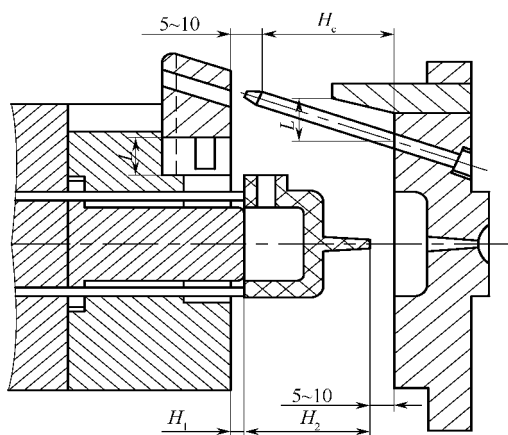


图 3-15 有侧向抽芯时开模行程的校核

7. 模具推出装置和注射机顶出装置校核

由于各种注射机合模系统中顶出装置的不同,在设计模具时必须使模内的推出脱模机构与合模系统的顶出装置相匹配。一般是根据合模系统顶出装置的顶出形式、顶杆直径、顶杆间距和顶出距离等,对模具内的顶杆或推杆配置位置、长度能否使塑件脱模进行校核。目前国产注塑机中顶出装置的顶出形式分为以下几类。

① 中心顶杆机械顶出,如卧式 XS—Z60、XS—ZY—360、SYS—30、SYS—45。

② 两侧双顶杆机械顶出,如 XS—Z—30、XS—ZY—125。

③ 中心顶杆液压顶出与两侧顶杆机械顶出联合作用,如卧式 XS—ZY—250、XS—ZY—500。

④ 中心顶杆液压顶出与其他开模辅助油缸联合作用,如 XS—ZY—1000。

【项目训练 2】

分析手机后盖(见图 0-2)模具结构特点,根据注射成型工艺要求在表 3-7 中选定注射机型号。

思考方法:

① 确定模具型腔数目。

② 根据手机后盖成型参数选定注射机型号。

③ 校核并最终确定注射机型号。

④ 总结注射机型号选择的流程。

模块四 单分型面注射模具设计

【项目引导】

肥皂盒是人们日常生活中最为常见的塑料制品之一。如图 0-3 所示为某肥皂盒的零件图,材料为聚丙烯(PP)。

设计要求:

- ① 分析塑件的结构工艺性。
- ② 初步确定肥皂盒注射成型工艺参数。
- ③ 确定肥皂盒注射模的结构方案。
- ④ 运用 UG 软件进行肥皂盒注射模具设计。

【项目分析】

1. 原材料分析

引导学生分析肥皂盒选用聚丙烯(PP)的原因,以及其注射成型工艺特点。

2. 肥皂盒结构的工艺性分析

分析肥皂盒外形和各结构部分,如孔、凸点、长条筋对肥皂盒的功用和成型工艺的作用。肥皂盒长条筋除了可以避免肥皂吸附盒底、难以取出之外,还起到加强筋的作用,防止肥皂盒底面变形。

3. 注射成型工艺参数分析

组织学生分组查找资料,初步确定注射压力、加热温度、模具温度等工艺参数,为模具设计做准备。

【知识链接】

一、单分型面注射模的原理及结构

(一) 单分型面注射模的原理

单分型面注射模的基本结构由定模和动模两大部分组成,动模和定模一起构成了模具型腔和浇注系统。定模部分安装在注射机的固定板上,动模部分安装在注射机的移动板上。注射成型时,定模部分和被拖动的动模部分经导柱导向而闭合,塑料熔体从注射机喷嘴经模具浇注系统进入型腔,注射成型冷却后开模,动模和定模分开。一般情况下,塑件留在动模部分,模具顶出机构将塑件推出模外。

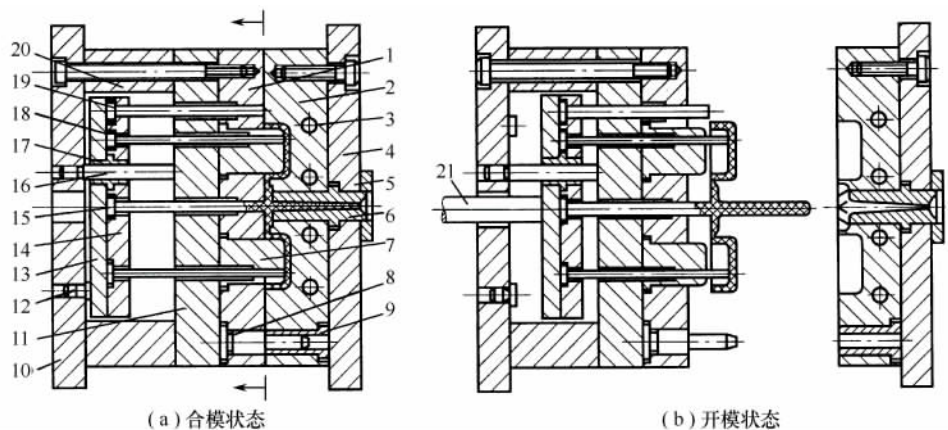
(二) 单分型面注射模的结构

单分型面注射模是结构最简单、最基本的一种注射模,也是应用最广泛的一种注射模。只

要动、定模分开,就可以取出塑件,其结构如图 4-1 所示,主要由以下几个部分组成。

1. 成型零件

成型零件是指动、定模部分中组成型腔的一些部件,通常由凸模(或型芯)、凹模(或型腔)、镶件等组成,合模时构成模具型腔,用于填充塑料熔体,它决定了塑件的形状和尺寸,图 4-1 中的动模板 1 和凸模 7 成型塑件的内部形状,定模板 2 成型塑件的外部形状。



1—动模板; 2—定模板; 3—冷却水道; 4—定模座板; 5—定位环; 6—浇口套; 7—凸模; 8—导柱
9—导套; 10—动模座板; 11—支撑板; 12—限位销; 13—推板; 14—推杆固定板; 15—拉料杆
16—推板导柱; 17—推板导套; 18—推杆; 19—复位杆; 20—垫板; 21—注射机顶杆

图 4-1 单分型面注射模

2. 浇注系统

浇注系统是熔融塑料从注射机喷嘴进入模具型腔所流经的通道,它由主流道、分流道、浇口和冷料穴等组成。

3. 导向机构

导向机构分为动模与定模之间的导向机构和顶出装置的导向机构两类。前者用于保证动、定模合模时的准确对合,以保证塑件形状和尺寸的精确,如图 4-1 中的导柱 8、导套 9;后者用于避免顶出过程中推出板歪斜,如图 4-1 中的推板导柱 16、推板导套 17。

4. 脱模机构

脱模机构是开模时将塑件从模具中脱出的装置,又称推出机构或推出装置。其结构形式很多,常见的有推杆脱模机构、推板脱模机构和推管脱模机构等。图 4-1 中的推板 13、推杆固定板 14、拉料杆 15、推杆 18 和复位杆 19 组成了顶杆脱模机构。

5. 加热和冷却系统

为了满足注射工艺对模具的温度要求,必须对模具温度进行控制,所以模具常设计有冷却和加热系统,并根据需要在模具内部或四周安装加热元件。一般在模具上开有冷却水道,如图 4-1 中的冷却水道 3。

6. 排气系统

在注射成型过程中,为了将型腔内的气体排出,常开设有排气系统。一般是在分型面上开设几条沟槽,或利用模具的推杆或型芯与模板之间的配合间隙进行排气。小型模具可利用分型面直接排气,不必设置排气系统。

7. 支撑零部件

用来安装固定或支撑成型零件及前述各部分机构的零部件称为支撑零部件。支撑零部件组装在一起,构成注射模具的基本骨架。

上述几部分也可以分为成型零部件和结构零部件两大类。其中,成型零部件与塑件接触,并构成模具的模腔;结构零部件主要包括支撑、导向、排气、推出、温度调节等功能零部件。而在结构零部件中,合模导向机构与支撑零部件组装起来构成注射模模架。为了提高模具设计和制造效率,注射模模架已经标准化、系列化,通常由专业厂商制造供市场选用。所以,任何注射模具通常都是根据需要选购适当的模架,然后制造相应的成型零件及其他必要的零件,最后组装成为适于产品的模具,用于生产。

二、塑件在模具中的位置与分型面

(一) 型腔数目的确定

设计注射模具时,首先要根据塑件的结构、产量、质量等要求,确定模具采用单型腔还是多型腔。如果是多型腔,还要确定型腔的数目及排列方式。

与多型腔模相比,单型腔模具有以下优点:

- ① 塑件的形状和尺寸精度始终一致。
- ② 工艺参数易于控制。
- ③ 模具结构简单、紧凑,设计制造和维修大为简化。

因此,精度要求高的小型塑件和中、大型塑件优先采用一模一腔的结构。对于精度要求不高的小型塑件(没有配合精度要求),当形状简单且是大批量生产时,采用多型腔模具可使生产效率大为提高。但随着模具制造设备的数字化控制和电加工设备的逐渐普及,模具型腔的制造精度越来越高,对于仪器仪表和各种家用电器中的机械传动塑料齿轮和一些比较精密的塑件,也广泛地采用一模多腔注射成型,但一般不超过四腔。总之,型腔数量主要根据塑件的质量、投影面积、几何形状(有无抽芯)、塑件精度、批量大小以及经济效益来确定。以上这些因素有时是互相制约的,在确定设计方案时,必须进行协调,以保证满足主要条件。

在注射模具设计中,型腔数量的确定方法主要有两种。一种是根据塑件的注射参数要求初步确定注射机型号,再根据注射机的技术规范及塑件的技术经济要求,计算能够选取的型腔数目。另一种是根据经验先确定型腔数目。另一种是根据注射机技术规范,核算型腔数目是否满足要求。常用确定型腔数目(n)的方法如下。

1. 按注射机的最大注射量确定型腔数目

$$n \leq \frac{0.8V_g - V_j}{V_n} \quad (4-1)$$

式中, V_g ——注射机最大注射量(cm^3 或 g);

V_j ——浇注系统凝料量(cm^3 或 g);

V_n ——单个塑件的体积或质量(cm^3 或 g)。

2. 按注塑机的额定锁模力确定型腔数目

根据注射机的额定锁模力大于将模具分型面胀开的力,即 $F \geq p(nA_n + A_j)$, 得出

$$n \leq \frac{F - pA_j}{pA_n} \quad (4-2)$$

式中, F ——注射机的额定锁模力(N);

p ——塑料熔体对型腔的平均压力(MPa);
 A_n ——单个塑件在分型面上的投影面积(mm²);
 A_j ——浇注系统在分型面上的投影面积(mm²)。

3. 按制品的精度要求确定型腔数目

生产经验认为,增加一个型腔,塑件的尺寸精度将降低 4%。为了满足塑件尺寸精度要求,型腔数目应满足下式:

$$n \leq 25 \frac{\delta}{L \Delta s} - 24 \quad (4-3)$$

式中, L ——塑件基本尺寸(mm);

$\pm \delta$ ——塑件的尺寸公差(mm),为双向对称偏差标注;

$\pm \Delta s$ ——单腔模注射时塑件可能产生的尺寸误差的百分比。其数值对聚甲醛为 $\pm 0.2\%$,对聚酰胺 66 为 $\pm 0.3\%$,对 PE、PP、PC、ABS 和 PVC 等塑料为 $\pm 0.05\%$ 。成型高精度制品时,型腔数目不宜过多,通常推荐不超过四腔,因为多型腔难以保证各型腔的成型条件均匀一致。

4. 按经济性确定型腔数目

根据总成型加工费用最小的原则,并忽略准备时间和试生产原材料费用,仅考虑模具费用和成型加工费。

模具费用为

$$X_m = nC_1 + C_2$$

式中, C_1 ——每一型腔所承担的与型腔数目有关的模具费用;

C_2 ——与型腔数目无关的费用。

成型加工费为

$$X_j = N \frac{yt}{60n} \quad (4-4)$$

式中, N ——制品总件数;

y ——每小时注射成型加工费;

t ——成型周期。

总成型加工费为

$$X = X_m + X_j$$

为使总成型加工费最小,令

$$\frac{dx}{dn} = 0$$

则得

$$n = \sqrt{\frac{Nyt}{60C_1}} \quad (4-5)$$

总之,在确定模具型腔数目时,要在技术上能保证产品质量的基础上,追求最佳经济效益。

(二) 多型腔的排布

对于多型腔模具,在确定了型腔数目后,首先需要考虑的是型腔的排布方式。由于型腔排布与浇注系统密切相关,因此多型腔注射模具在型腔排布上要根据塑件结构和浇注系统加以综合考虑。型腔排布考虑的主要原则是:应尽量使每一个型腔从浇注系统获得的压力、流量相等,保证塑料熔体同时均匀地充满每一个型腔,使各型腔塑件质量基本一致。此外,为了保证充模顺利,还应该使型腔和主流道之间的距离较短。

型腔排布时应注意以下几点。

- ① 尽可能采用平衡式排列,以便构成平衡式浇注系统,确保塑件质量的均一和稳定。
- ② 型腔布置和浇口开设部位应力求对称,以防止模具承受偏载而产生溢料现象,如图 4-2 所示。

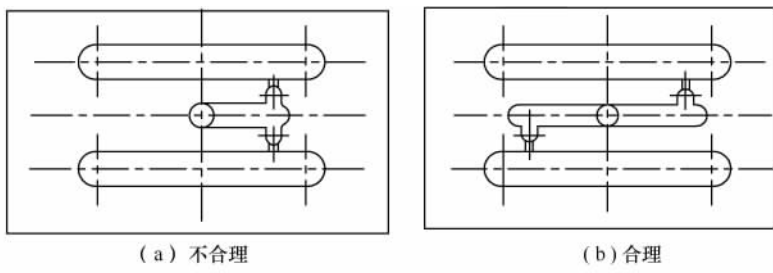


图 4-2 型腔的布置力求对称

- ③ 尽量使型腔排列紧凑一些,以减小模具的外形尺寸。图 4-3(b)所示的布局优于图 4-3(a)所示的布局,后者的模板总面积小,可节省钢材,降低模具质量。

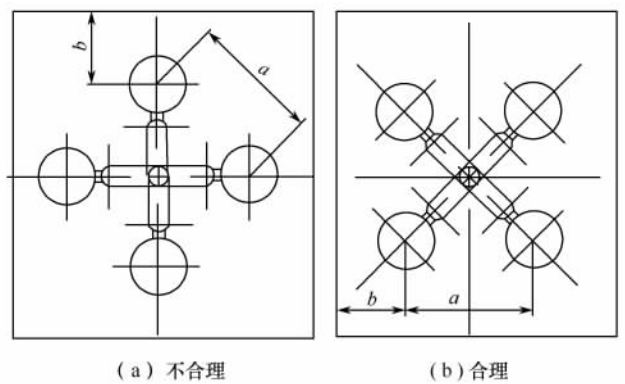


图 4-3 型腔的布置力求紧凑

【项目训练 1】

在教师的指导下,学生分组讨论肥皂盒注射模型腔数目及排布,并绘制型腔分布示意图。

(三) 分型面设计

分型面是模具中用于取出塑件和(或)浇注系统凝料的可分离的接触表面。模具设计的第一步,就是选择分型面的位置。分型面的设计受塑件形状、壁厚、成型方法、后处理工序、塑件外观、塑件尺寸精度、塑件脱模方法、模具类型、型腔数目、模具排气、嵌件、浇口位置与形式以及成型机的结构等的影响。分型面与模具的整体结构和模具制造工艺密切相关,同时影响塑件的成型质量和脱模。因此,分型面的设计是注射模具设计的关键内容之一。

1. 分型面的基本形式

制品在模具中的位置直接影响模具结构的复杂程度、模具分型面的确定、浇口的位置、制品的尺寸精度等,所以在进行模具设计时,首先要考虑制品在模具中的摆放位置,以便于简化模具结构,得到合格的制品。确定制品在模具中的位置时有以下一些原则。

- ① 制品或制品组件的主视图应尽可能地相对于注射机的轴线对称分布,以便于成型。
- ② 制品的方位应该便于分模、脱模。一般开模后制品应留在动模部分,这样便于设置推出机构。

③ 有多个放置方案时,应选择使制品在成型设备工作台安装平面上的投影面积最小的方案。

④ 较长的制品,为了减小模具厚度和开模行程,应使制品的长度方向与模具的开模方向相垂直,这样也便于制品的取出。缺点是抽芯机构的抽芯距离会加大。

⑤ 制品的位置还应当结合浇注系统的浇口位置、冷却系统和加热系统的布置等因素综合考虑。

分型面有多种形式,常见的有平面分型面、阶梯分型面、斜面分型面、曲面分型面、成型芯的辅助分型面等,如图 4-4 所示。

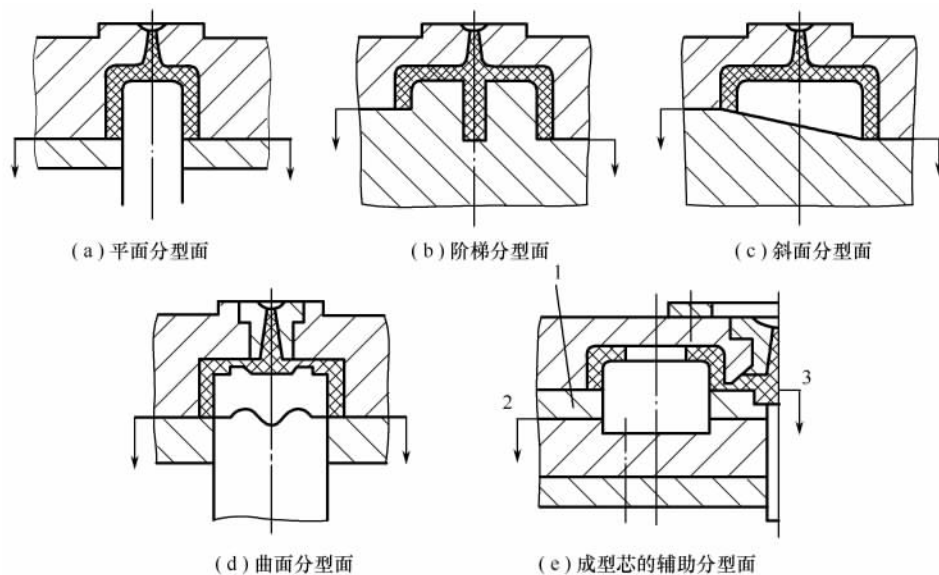


图 4-4 分型面的形式

2. 分型面的选择

模具的分型好坏,对于塑件质量和加工工艺性的影响是非常大的。在选择分型面时,一般要综合考虑以下原则,以便确定出正确合理的分型面。

(1) 塑件从模具中脱出要方便顺利

塑件脱模方便,不但要求选取的分型面位置不会使塑件卡在型腔里无法取出,也要求塑件在分模时制品留在动模板一侧,以便于设计脱模机构。因此,一般都是将主型芯装在动模一侧,使塑件收缩后包紧在主型芯上,这样型腔可以设置在定模一侧。如果塑件上有带孔的嵌件,或者塑件上没有孔,那么就可以利用塑件的复杂外形对型腔的黏附力,把型腔设计在动模中,使得开模后塑件留在动模一侧,如图 4-5 所示。

(2) 使模具的结构尽量简单

如图 4-6 所示的塑件形状比较特殊,如果按照图 4-6(a)的方案,将分型面设计成平面,型腔底部就不容易加工了。而按照图 4-6(b)把分型面设计为斜面,使型腔底部成为水平面,就便于加工。而对于需要抽芯的模具,要把抽芯机构设计在动模部分,以简化模具结构。

(3) 使模具型腔内的气体排除顺畅

模具内气体的排除主要是靠设计在分型面上的排气槽,所以分型面应当选择在熔体流动的末端。在图 4-7(a)的方案中,分型面距离浇口太近,容易造成排气不畅;而图 4-7(b)的方案则可以保证排气顺畅。

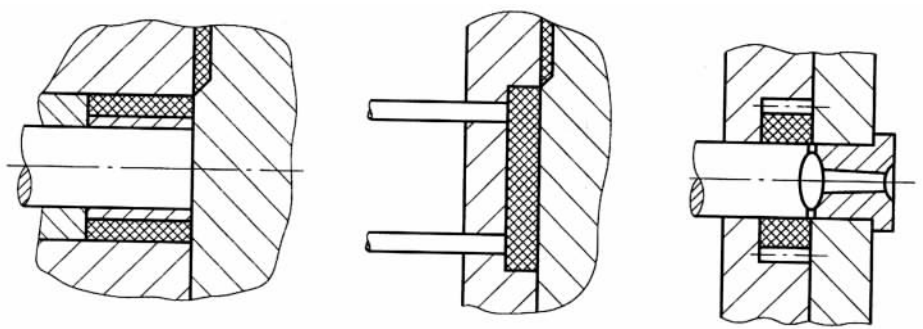


图 4-5 型腔设计在动模中使塑件留在动模一侧

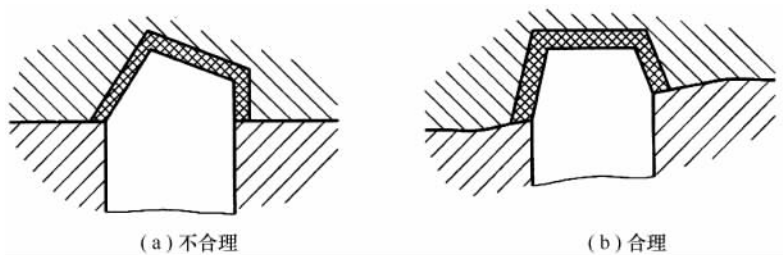


图 4-6 分型面的设计要有利于型腔加工

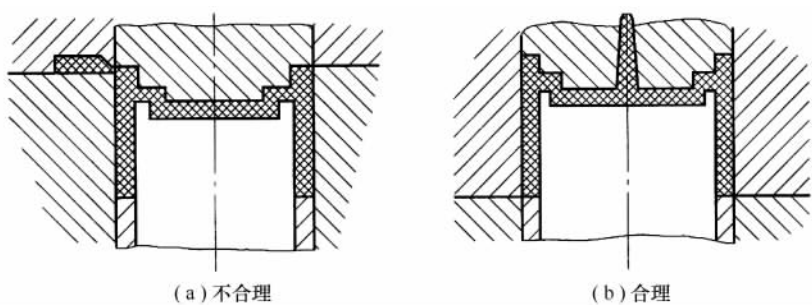


图 4-7 分型面位置应有利于型腔排气

(4) 能够保证塑件的质量

如图 4-8 所示为一个双联塑料齿轮的加工模具, 其中齿轮的大、小齿轮轴线和内孔轴线三者有同轴度要求。如果按照图 4-8(a) 的方案设计分型面, 大齿轮和小齿轮分别在定模和动模中, 则很难保证有良好的同轴度。如改用图 4-8(b) 中的方案, 使分型面位于大齿轮端面, 型腔完全在动模内, 就可以得到良好的同轴度了。

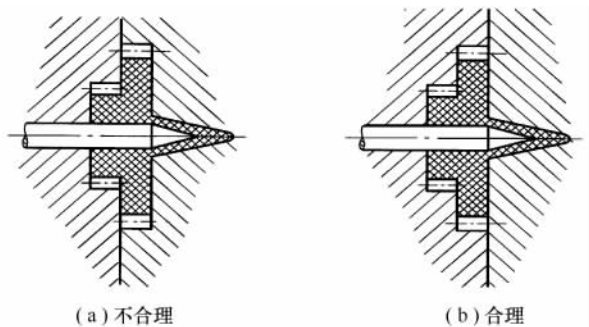


图 4-8 分型面要有利于保证塑件的同轴度

如图 4-9 所示的塑件,其尺寸 L 有较严格的要求。如果按照图 4-9(a)的方案设计分型面,成型后毛边会影响到尺寸 L 的精度。若改为图 4-9(b)的方案,毛边仅影响到塑件的总高度,但不会影响到尺寸 L 。

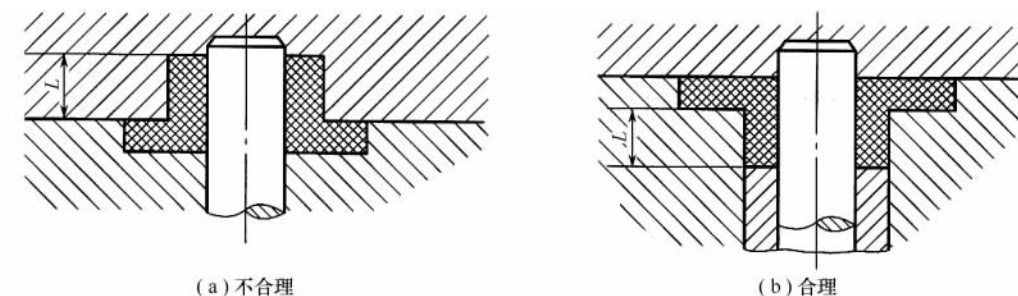


图 4-9 分型面要有利于保证塑件的尺寸精度

(5) 不要破坏制品的外观

如图 4-10 所示的塑件,其底部带有环形支撑面,若分型面按照图 4-10(a)的方案设计,会在环形支撑面处留下毛边痕迹。如果改为图 4-10(b)的方案,毛边产生在塑件的端面,去除后不会破坏塑件外观。

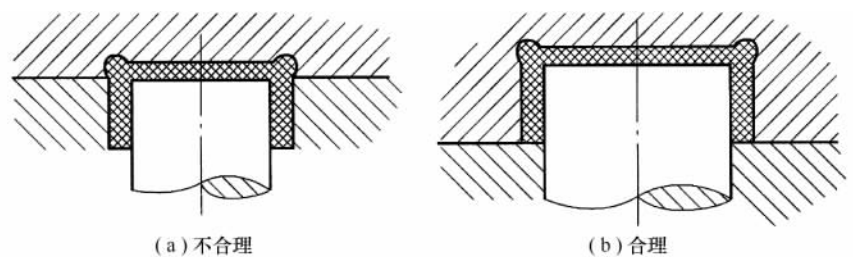


图 4-10 分型面应不破坏塑件外观

(6) 能充分合理地利用设备

一般注射模的侧向抽芯都是利用模具打开时的运动来实现的。通过模具抽芯机构进行抽芯时,在有限的开模行程内,完成抽芯的距离是有限的。所以,对于互相垂直的两个方向都有孔或凹槽的塑件,应避免长距离抽芯,如图 4-11 所示,图 4-11(a)中的方案不好,而图 4-11(b)中的方案较好。

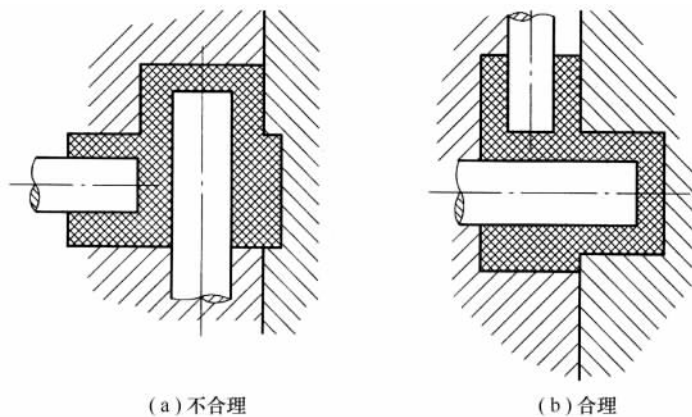


图 4-11 分型面的选择应避免长距离抽芯



【实训操作 1】

运用 UG 软件进行肥皂盒注射模具型腔布局。

UG 软件是现代模具设计的主流软件之一。为了更好地掌握运用 UG 软件进行注射模分型面设计和型腔布局的方法,这里以图 0-3 所示的肥皂盒为例,采用手动分模的方式进行肥皂盒的模具设计。

肥皂盒是日常生活中最常见的日用品,一般采用通用塑料原材料,对外观质量有一定的要求,但对尺寸精度要求不高,所以可以采用一模四腔的平衡式布局方式。但是,为了便于初学者运用 UG 软件进行模具设计,这里采用一模二腔的布局方式。具体步骤如下。

1. 打开文档

单击启动快捷图标,打开 UG 软件,然后单击“打开”按钮,在弹出的“打开”对话框中找到文档所在的目录,选中文档,单击  按钮,如图 4-12 所示。打开的文档如图 4-13 所示。

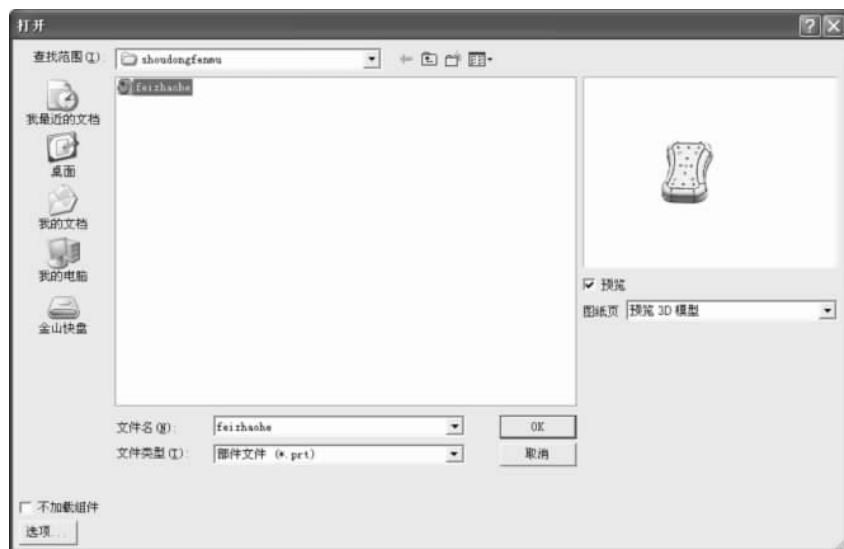







图 4-12 “打开”对话框

2. 抽取复制一个产品

第 1 步:单击  菜单→选择  关联复制(A)→选择  抽取(E)→在弹出的“抽取”对话框(见图 4-14)中的“类型”列表中选择“体”→选择原始产品→在对话框中的“设置”栏中把“隐藏原先的”复选框选中→单击“确定”按钮。

第 2 步:把抽取来的产品放置到图层 5 中。选中产品→单击  格式(R) 菜单→选择  移动至图层(M)→在弹出的“图层移动”对话框(见图 4-15)中的“目标图层或类别”文本框中输入“5”→单击“确定”按钮。

第 3 步:把原始产品放在图层 4 中并关闭,显示图层 5。按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框(见图 4-16),把图层 5 关闭→按 Ctrl+Shift+U 快捷键把隐藏的原始产品显示出来,按第 2 步的方法把原始产品移至图层 4 中→按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 5 打开,关闭图层 4。在后续的分模过程中不再使用原始产品,而是使用抽取出来的产品进行分模(本书中以后所说的产品都是指由原始产品抽取出来的产品)。

3. 设置收缩率

第 1 步:单击“插入”菜单→选择 偏置/缩放(O) →选择 缩放体(S)。

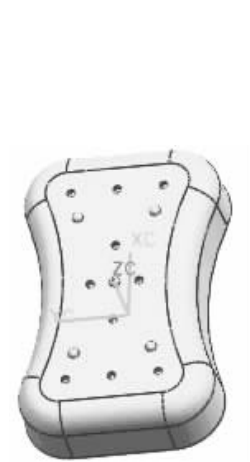


图 4-13 打开的文档



图 4-14 “抽取”对话框



图 4-15 “图层移动”对话框

第 2 步:在弹出的“缩放体”对话框(见图 4-17)中的“类型”列表中选择“均匀”→选择产品→系统自动捕捉到坐标原点作为“缩放点”→在“比例因子”文本框中输入“1.005”(塑料 PP 的平均收缩率)→单击“确定”按钮。

4. 确定型腔数目以及布局产品

根据模具的成本及模具的产量等综合因素决定采用一模二腔的型腔布局方式。平面布局如图 4-18 所示,保证产品边缘离模仁边缘的距离为 25mm 左右。在 UG 软件中布局产品的操作步骤如下。




图 4-16 “图层设置”对话框



图 4-17 “缩放体”对话框

第 1 步:把工作坐标沿 Y 轴方向偏置 55mm。单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击 原点(O) →在弹出的“点”对话框(见图 4-19)中,将相对坐标值“YC”设为“55”→单击“确定”按钮。得到的效果图如图 4-20 所示。

第 2 步:单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→在弹出的“移动对象”对话框(见图 4-21)中

选择产品→在对话框中将运动类型设为“角度”→单击*指定矢量 (0) →选择与开模方向一致的矢量(见图 4-22)→单击*指定轴点 (0) →单击点构造器按钮→在弹出的“点”对话框中,选中“相对于 WCS”,输入图 4-23 所示的坐标值→单击“确定”按钮→返回到“移动对象”对话框→将“角度”设为“180”→选中“复制原先的”→单击“确定”按钮。布局后的效果如图 4-24 所示。

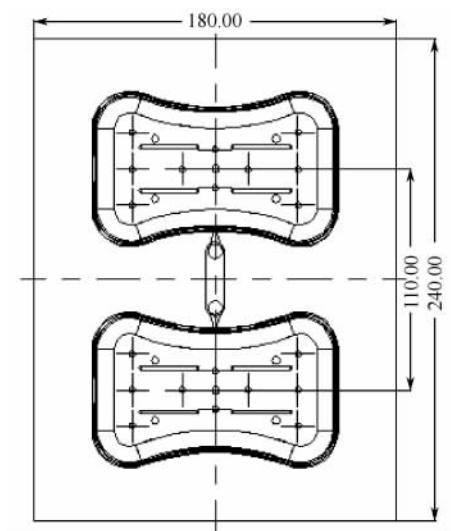


图 4-18 平面布局



图 4-19 “点”对话框

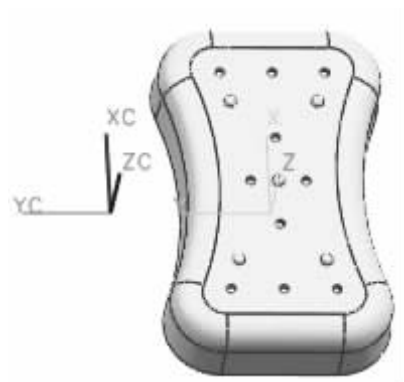


图 4-20 效果图



图 4-21 “移动对象”对话框

三、成型零件设计

注塑模具闭合时,成型零件构成了成型塑料制品的型腔。成型零件主要包括凹模、凸模、型芯、镶拼件、各种成型杆与成型环。成型零件承受高温高压塑料熔体的冲击和摩擦,在冷却固化中形成了塑件的形体、尺寸和表面,在开模和脱模时需要克服与塑件的粘着力。成型零件

的形状和尺寸精度、表面质量及其稳定性,决定了塑料制品的相对质量。成型零件在充模保压阶段承受很高的型腔压力,它的强度和刚度必须在容许值范围内。成型零件的结构、材料和热处理的选择及加工工艺性,是影响模具工作寿命的主要因素。

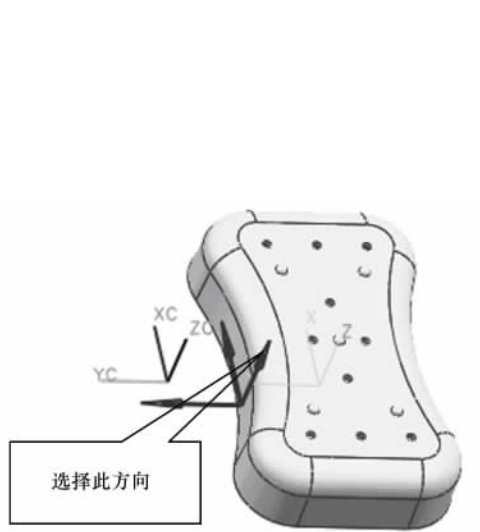


图 4-22 矢量方向



图 4-23 “点”对话框

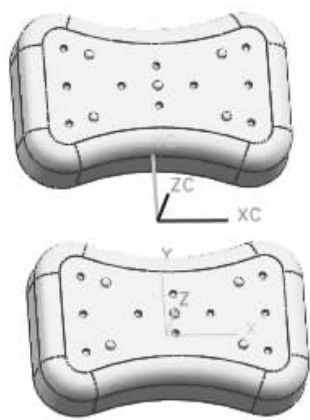


图 4-24 布局后的效果

成型零件的结构设计,以成型符合质量要求的塑料制品为前提,同时必须考虑金属零件的加工性及模具制造成本。成型零件成本随着型腔的复杂程度、精度等级和寿命要求的提高而增加,往往高于模架的价格。

(一) 凹模的结构设计

凹模是成型塑件外表面的零件。凹模的基本结构可分为整体式、整体嵌入式和组合式。

1. 整体式凹模

整体式凹模是在成型模具的凹模板上加工型腔,如图 4-25 所示。很显然,它有较强的强度和刚度,但加工较困难,需要用电火花、立式铣床加工,仅适用于形状简单的中、小型塑件。

2. 整体嵌入式凹模

整体嵌入式凹模适用于小型塑件的多型腔模。将多个一致性好的整体凹模,嵌入到凹模固定板中。嵌入的凹模,可采用低碳钢或低碳合金钢,用一个冲模冷挤成多个,再渗碳淬火后抛光。也可用电铸法成型凹模型腔。使用一般机加工方法加工各凹模,由于容易测量,也能保证一致性。

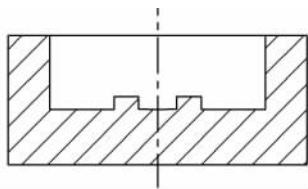


图 4-25 整体式凹模结构

整体嵌入式凹模结构能节约优质模具钢,嵌入模板后有足够的强度与刚度,使用可靠且置换方便。带肩的嵌入凹模能有效防止脱出固定板,但要用底板压固,采用过渡紧配合甚至过盈配合,可使嵌入件固定牢靠。整体嵌入式凹模结构如图 4-26 所示。

3. 组合式凹模

通孔凹模在进行切削、线切割、磨削、抛光及热处理加工时较为方便。无底型腔加工后装上底板,构成凹模整体型腔,称为组合式凹模。它是一种大面积的镶嵌。其底板面积或者大于凹模型腔底面,或者就是凹模板,如图 4-27 所示。

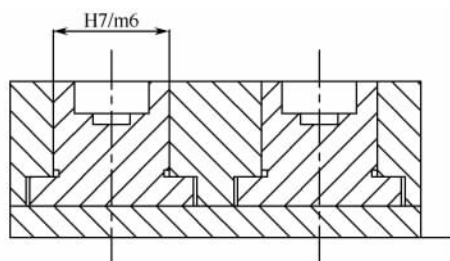


图 4-26 整体嵌入式凹模结构

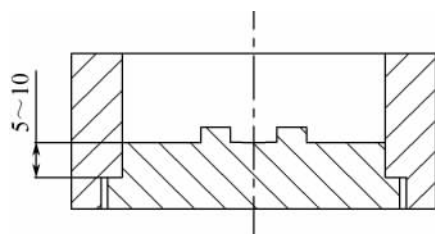


图 4-27 组合式凹模结构

(二) 凸模的结构设计

凸模和型芯都是用来成型塑料制品的内表面的零件。凸模也称主型芯,用来成型塑件整体的内部形状。小型芯也称成型杆,用来成型塑件的局部孔或槽。

凸模的基本结构分为整体式和组合式。

1. 整体式

整体式如图 4-28(a)所示,凸模与模板做成整体,结构牢固,成型质量好,但钢材消耗量大,一般仅适合内表面形状简单的小型凸模。

2. 组合式

组合式适用于塑件内表面形状复杂,不利于机械加工,或形状虽不复杂,但要节省优质钢材,减少切削加工量等情况。组合式如图 4-28(b)所示。



图 4-28 凸模的结构

小凸模(型芯)往往单独制造,再镶嵌入固定板中,其连接方式多样。图 4-29(a)采用过盈配合,从模板上压入;图 4-29(b)采用间隙配合,从型芯尾部铆接,以防脱模时型芯被拔出;图 4-29(c)中,将细长的型芯下部加粗或做得较短,由底部嵌入,然后用垫板固定;图 4-29(d)和图 4-29(e)用垫块或螺钉压紧,不仅增强了型芯的刚性,便于更换,而且可调整型芯高度。

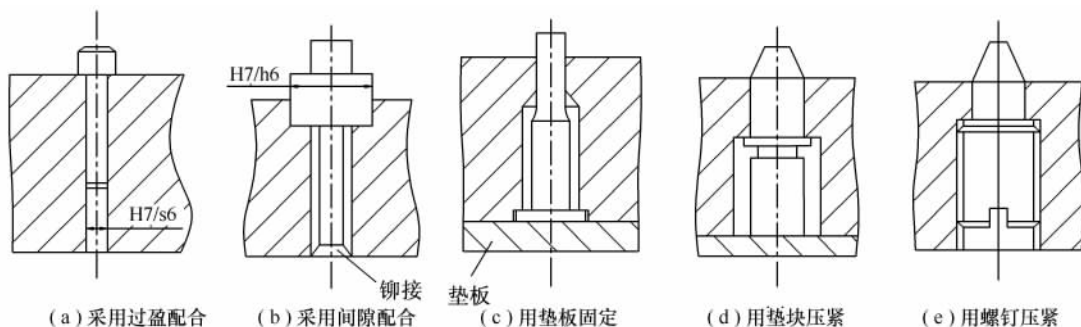


图 4-29 小型芯连接方式

【实训操作 2】

在教师的指导下,学生进行肥皂盒注射模具凹模、凸模的方案设计,并绘制示意图。

四、成型零部件的工作尺寸计算

成型零部件的工作尺寸指成型零部件上直接决定塑件形状的有关尺寸,主要包括型腔和型芯的径向尺寸(含长、宽尺寸)与高度尺寸及中心距尺寸等。在模具设计时,应根据塑件的尺寸精度要求确定模具成型零件的工作尺寸及精度等级。

(一) 塑件尺寸精度的影响因素

影响塑件尺寸精度的主要因素如下。

1. 成型零部件的制造误差

成型零部件的制造误差主要包括成型零部件的加工误差和安装、配合误差。设计时一般应将成型零部件的制造公差控制在塑件相应公差的 $1/3$ 左右,通常取 IT6~IT9 级。

2. 成型零部件的磨损

在生产过程中,塑料熔体在型腔中的流动以及脱模时塑件与型腔的摩擦,都会造成成型零部件的磨损,但以脱模时塑件与型腔的摩擦造成的磨损为主。因此为简化计算,一般只考虑与塑件脱模方向平行的表面的磨损,对垂直于脱模方向的表面的磨损则予以忽略。由于成型过程中的磨损,凹模尺寸变得越来越大,型芯尺寸变得越来越小。假设型芯周向为均匀磨损,则中心距尺寸基本保持不变。

影响磨损量的因素主要有成型塑件的材料、成型零部件的磨损性及生产纲领。例如,含玻璃纤维和石英粉等填料的塑件或型腔表面耐磨性差的零部件取大值。设计时根据塑料材料、成型零部件材料、热处理及型腔表面状态和模具要求的使用期限来确定最大磨损量,中、小型塑件该值一般取塑件公差的 $1/6$,大型塑件则取小于塑件公差的 $1/6$ 。

3. 塑料的成型收缩

成型收缩不是塑料的固有特性,是材料与条件的综合特性,受制品结构、工艺条件等影响而变化,如原料的预热与干燥程度、成型温度和压力波动、模具结构、塑件结构尺寸、不同的生产厂家、生产批号的变化都将造成收缩率的波动。

设计时选取的计算收缩率与实际收缩率的差异,以及塑件成型时工艺条件的波动、材料批号的变化而造成的塑件收缩率的波动,导致塑件尺寸的变化值为

$$\delta_s = (S_{\max} - S_{\min}) L_s \quad (4-6)$$

式中, S_{\max} ——塑料的最大收缩率;

S_{\min} ——塑料的最小收缩率;

L_s ——塑料的名义尺寸。

由式(4-6)可知,塑件尺寸变化值 δ_s 与塑件尺寸成正比。对大尺寸塑件,收缩率波动对塑件尺寸精度影响较大。此时,只靠提高成型零件制造精度来减小塑件尺寸误差是困难和不经济的,应通过稳定工艺条件和选用收缩率波动小的塑料来提高塑件精度。对于小尺寸塑件,收缩率波动的影响小,模具成型零件的公差及其磨损量成为影响塑件精度的主要因素。

4. 配合间隙引起的误差

活动型芯的配合间隙,引起塑件孔的位置误差或中心距误差;凹模与凸模分别安装于动模

和定模时,合模导向机构中导柱和导套的配合间隙,引起塑件的壁厚误差。

为保证塑件精度,必须使上述各因素造成的公差之和小于塑件的公差值,即

$$\delta_z + \delta_c + \delta_s + \delta_j \leq \Delta \quad (4-7)$$

式中, δ_z ——成型零部件制造公差;

δ_c ——成型零部件的磨损量;

δ_s ——塑料的收缩率波动引起的塑件尺寸变化值;

δ_j ——配合间隙引起的塑件尺寸误差;

Δ ——塑件的公差。

(二) 成型零部件工作尺寸计算

成型零部件工作尺寸计算方法很多,这里仅讨论平均值法。

在计算前,对塑件尺寸和成型零部件的尺寸偏差统一按入体原则标注。例如,对包容面(型腔和塑件内表面)尺寸采用单向正偏差标注,基本尺寸为最小值。如图 4-30 所示,设 Δ 为塑件公差, δ_z 为成型零件制造公差,则塑件内径为 $l_s^{+\Delta}$,型腔尺寸为 $L_m^{+\delta_c}$ 。对被包容面(型芯和塑件外表面)尺寸采用单向负偏差标注,基本尺寸为最大值,型芯尺寸为 $l_m^{0-\delta_c}$,塑件外形尺寸为 $L_s^{0-\Delta}$ 。对中心距尺寸采用双向对称偏差标注,塑件间的中心距为 $C_s \pm \frac{\Delta}{2}$,型芯间的中心距为 $C_m \pm \frac{\delta_z}{2}$ 。按塑料收缩率、成型零件制造公差和磨损量均为平均值时制品获得的平均尺寸来计算。

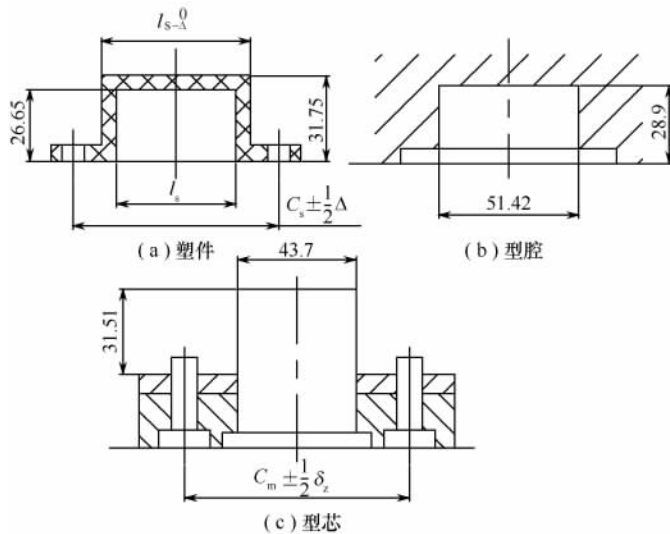


图 4-30 塑件与成型零件尺寸标注

1. 型腔与型芯径向尺寸

(1) 型腔径向尺寸

设塑料平均收缩率为 S_{cp} ,塑件外形基本尺寸为 L_s ,其公差值为 Δ ,则塑件平均尺寸为 $L_s - \frac{\Delta}{2}$;型腔基本尺寸为 L_m ,其制造公差为 δ_z ,则型腔平均尺寸为 $L_m + \frac{\delta_z}{2}$ 。考虑平均收缩率及型腔磨损为最大值的一半($\frac{\delta_c}{2}$),有

$$\left(L_m + \frac{\delta_z}{2}\right) + \frac{\delta_c}{2} - \left(L_s - \frac{\Delta}{2}\right) S_{cp} = L_s - \frac{\Delta}{2} \quad (4-8)$$

整理并忽略二阶无穷小量 $\frac{\Delta}{2}S_{cp}$, 可得型腔基本尺寸

$$L_m = L_s(1 + S_{cp}) - \frac{1}{2}(\Delta + \delta_z + \delta_c) \quad (4-9)$$

δ_z 和 δ_c 是影响塑件尺寸的主要因素, 应根据塑件公差来确定, 成型零件制造公差 δ_z 一般取 $(\frac{1}{3} - \frac{1}{6})\Delta$, 磨损量 δ_c 一般取小于 $\frac{1}{6}\Delta$, 故上式转化为

$$L_m = L_s + L_s S_{cp} - x\Delta$$

标注制造公差后得

$$L_m = [L_s + L_s S_{cp} - x\Delta]_{0}^{+\delta_z} \quad (4-10)$$

式中, x ——修正系数。

对于中、小型塑件, $\delta_z = \Delta/3$, $\delta_c = \Delta/6$, 得

$$L_m = \left[L_s + L_s S_{cp} - \frac{3}{4}\Delta \right]_0^{+\delta_z} \quad (4-11)$$

对于大尺寸和精度较低的塑件, $\delta_z < \Delta/3$, $\delta_c < \Delta/6$, 式(4-10)中 Δ 前面的修正系数 x 将减小, 该系数值在 $1/2 \sim 3/4$ 间变化。

(2) 型芯径向尺寸

设塑件内形尺寸为 l_s , 其公差值为 Δ , 则其平均尺寸为 $l_s + \frac{\Delta}{2}$; 型芯基本尺寸为 l_m , 制造公差为 δ_z , 其平均尺寸为 $l_m - \frac{\delta_z}{2}$ 。与前面推导型腔径向尺寸类似, 得

$$l_m = [l_s + l_s S_{cp} + x\Delta]_{-\delta_z}^0 \quad (4-12)$$

式中, 系数 $x = 1/2 \sim 3/4$ 。

对于中、小型塑件

$$l_m = \left[l_s + l_s S_{cp} + \frac{3}{4}\Delta \right]_{-\delta_z}^0 \quad (4-13)$$

2. 型腔深度与型芯高度尺寸

按上述公差带标注原则, 塑件高度尺寸为 $H_{s-\Delta}^0$, 型腔深度尺寸为 $H_{m0}^{+\delta_z}$ 。型腔底面和型芯端面均与塑件脱模方向垂直, 磨损很小, 因此计算时磨损量 δ_c 不予考虑, 则有

$$H_m + \frac{\delta_z}{2} - \left(H_s - \frac{\Delta}{2} \right) S_{cp} = H_s - \frac{\Delta}{2}$$

略去 $\frac{\Delta}{2}S_{cp}$, 得

$$H_m = H_s + H_s S_{cp} - \left(\frac{\Delta}{2} + \frac{\delta_z}{2} \right)$$

标注公差后得

$$H_m = [H_s + H_s S_{cp} - x'\Delta]_{0}^{+\delta_z} \quad (4-14)$$

对于中、小型塑件, $\delta_z = \frac{1}{3}\Delta$, 故得

$$H_m = \left[H_s + H_s S_{cp} - \frac{2}{3}\Delta \right]_0^{+\delta_z} \quad (4-15)$$

对于大型塑件, x' 可取较小值。公式中的 x' 可在 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 之间选取。

同理可得型芯高度尺寸计算公式为

$$h_m = [h_s + h_s S_{cp} + x' \Delta]_{-\delta_z}^0 \quad (4-16)$$

对中、小型塑件则为

$$h_m = \left[h_s + h_s S_{cp} + \frac{2}{3} \Delta \right]_{-\delta_z}^0 \quad (4-17)$$

3. 中心距尺寸

影响模具中心距误差的因素主要有制造误差 δ_z 、活动型芯与其配合孔的配合间隙 δ_j 。

中心距误差表示方法为双向公差。如图 4-30(c)所示,塑件上的中心距为 $C_s \pm \frac{1}{2} \Delta$, 模具成型零件的中心距为 $C_m \pm \frac{1}{2} \delta_z$, 其平均值即为基本尺寸。

型芯与成型孔的磨损可认为是沿圆周均匀磨损,不影响中心距,计算时仅考虑塑料收缩,而不考虑磨损余量,得到

$$C_m = C_s + C_s S_{cp}$$

标注制造偏差后则得

$$C_m = [C_s + C_s S_{cp}] \pm \frac{\delta_z}{2} \quad (4-18)$$

模具中心距制造公差 δ_z , 根据塑件孔中心距尺寸精度要求、加工方法和加工设备等确定, 采用坐标镗床加工时, 一般为 $0.015 \sim 0.02\text{mm}$ 。

注意: 对带有嵌件或孔的塑件, 在成型时由于嵌件和型芯等影响了自由收缩, 故其收缩率比实体塑件小。计算带有嵌件的塑件的收缩值时, 上述各式中收缩值项的塑件尺寸应扣除嵌件部分尺寸。 S_{cp} 根据实测数据或选用类似塑件的实测数据。如果把握不大, 在模具设计和制造时, 应留有一定的修模余量。

平均值法比较简便, 常被采用。其他计算方法还有公差带法, 这里不做介绍。

(三) 模具型腔侧壁和底板厚度的设计原则

塑料模具型腔侧壁和底板厚度的计算是模具设计中经常遇到的重要问题, 对大型模具更为突出。常用的计算方法有按强度条件计算和按刚度条件计算两类, 而实际生产中既要求模具强度足够, 不发生破坏, 又要求刚度好, 不发生变形, 所以对两者要加以合理的考虑。

在注射成型生产中, 型腔所受的力主要是塑料熔体的压力。在塑料熔体压力的作用下, 型腔将产生内应力及变形。如果型腔侧壁和底板厚度不够, 必然会在使用中造成破坏。理论和实践证明, 对于大尺寸型腔, 刚度不足是主要问题, 应按照刚度条件计算; 对于小尺寸型腔, 强度不足是主要问题, 应按强度条件计算。强度计算可以根据是否满足各种受力状态下的许用应力及其他强度理论来进行。模具刚度计算有自身的特殊性, 一般要考虑以下几方面。

1. 要防止溢料

当高压塑料熔体注入时, 模具型腔的某些配合面会由于模具刚度不足发生弹性变形, 从而产生足以溢料的间隙。这样就要考虑所用塑料的最大不溢料间隙(如尼龙、聚乙烯等低黏度塑料为 $0.025 \sim 0.04\text{mm}$, ABS 等中黏度塑料为 0.05mm , 聚砜等高黏度塑料为 $0.06 \sim 0.08\text{mm}$), 以确定刚度条件。

2. 应保证塑件精度

模具型腔在高压下的变形, 会使塑件尤其是小型塑件精度降低。一般来说, 型腔的最大弹性变形值可以取塑件允许公差值的 $1/5$ 。

3. 要有利于脱模

型腔允许弹性变形量应当小于塑件的收缩值,否则在注射冷却开模后,会发生型腔紧包塑件难以脱模的现象。若强行顶出,则会破坏塑件。

在设计模具型腔侧壁和底板厚度时,要抓住主要矛盾,并以此为设计计算的依据,在满足强度和刚度要求的前提下,尽量节省材料和工艺成本。


【实训操作 3】

运用 UG 软件创建肥皂盒型芯和型腔

现代塑件往往结构比较复杂,因此按照以上传统计算方法进行成型零件尺寸计算不太现实。运用 UG 软件进行模具成型零件设计,可以根据塑件平均收缩率得到凹模和凸模,能很好地解决这个问题。产品布局好以后根据工件边缘离产品边缘 25~30mm 的原则,确定工件大小为 180mm×240mm,接着创建型芯和型腔,具体步骤如下。

1. 确定工件尺寸并创建工件

第 1 步:先创建一个基准坐标系。单击“插入”菜单→选择 **基准/点(D)** →单击 **基准 CSYS...** →在弹出的“基准 CSYS”对话框的“类型”列表框中选择“动态”→在“参考”列表框中选“WCS”→单击“确定”按钮(见图 4-31)。

第 2 步:单击特征工具栏“拉伸”按钮→在弹出的“拉伸”对话框(见图 4-32)中单击绘制截面按钮→系统自动弹出“创建草图”对话框(见图 4-33),选择产品底面作为草绘平面(见图 4-34)→单击“确定”按钮。




第 3 步:进入草绘环境中单击  按钮→在弹出的“矩形”对话框(见图 4-35)中单击  按钮,绘制一矩形并约束好相关尺寸(见图 4-36)→单击  按钮或按 Ctrl+Q 快捷键退出草绘环境,返回到“拉伸”对话框。



图 4-31 “基准 CSYS”对话框



图 4-32 “拉伸”对话框

第 4 步:在“拉伸”对话框中,将“开始距离”设为“50”,“结束距离”设为“-30”,单击“确定”按钮,得到图 4-37 所示的工件。



图 4-33 “创建草图”对话框

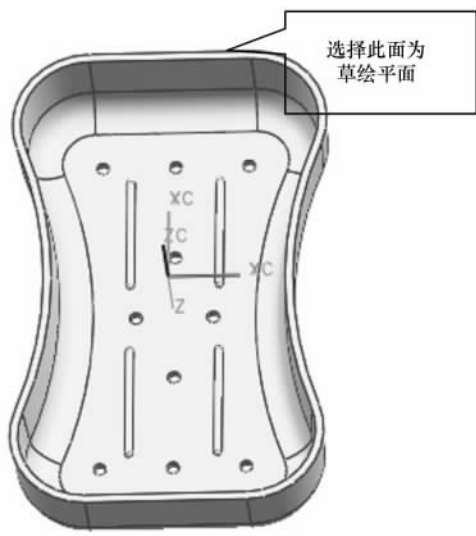


图 4-34 选择草绘平面

注意:如果在输入拉伸高度时发现矢量方向反了,可以单击按钮改变方向。



图 4-35 “矩形”对话框

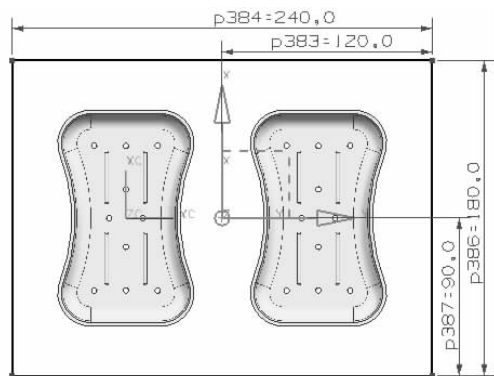


图 4-36 绘制的草图

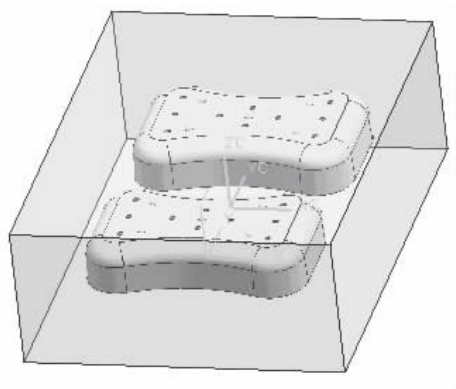



图 4-37 工件

2. 创建分型面以及修补碰穿孔面

第 1 步:在绘图区域按住鼠标右键不放→单击线框显示按钮.

第2步:单击“拉伸”按钮→系统自动弹出“拉伸”对话框→选择“Y-Z”基准平面→在草绘环境中绘制如图4-38所示的直线→按Ctrl+Q快捷键退出草绘环境,返回到“拉伸”对话框(见图4-39)。

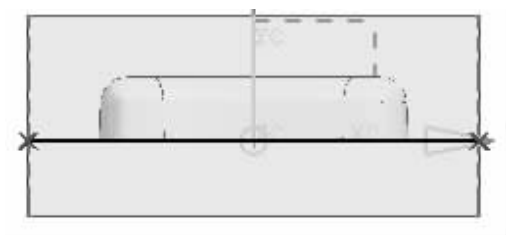


图 4-38 绘制直线



图 4-39 “拉伸”对话框

第3步:在“拉伸”对话框中的“结束”列表框中选择“对称值”→“距离”设为“90”→单击“确定”按钮。

第4步:用鼠标选中两个产品以及分型面→单击“编辑”菜单→单击对象显示(O) →弹出“编辑对象显示”对话框(见图4-40)→选中“局部着色”复选框→单击“确定”按钮。

第5步:在绘图区域单击右键→在弹出的快捷菜单中选择渲染样式(R) →单击局部着色(P), 得到图4-41所示的效果。



图 4-40 “编辑对象显示”对话框

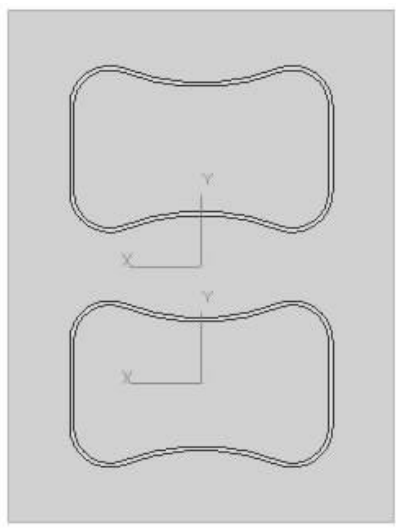



图 4-41 拉伸的面

第6步:单击“插入”菜单→选择“修剪”→单击  修剪的片体(R)... →弹出“修剪的片体”对话框(见图4-42)→选择用“拉伸”对话框创建的面→按鼠标中键确定→选择产品的边缘→单击“应用”按钮。用同样的方法把另一个产品的真空部分裁剪掉,得到图4-43所示的效果。



第7步:把产品中间的碰穿孔修补完整。单击“注塑模工具”按钮  →单击曲面补片按钮  →系统弹出“选择面”对话框,选择产品的内表面(见图4-44)→单击“确定”按钮→选择另一穴产品的内表面→单击“取消”按钮。修补好的碰穿孔面如图4-45所示。



图 4-42 “修剪的片体”对话框

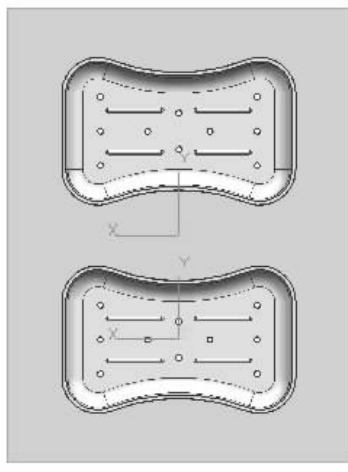


图 4-43 裁剪后的分型面

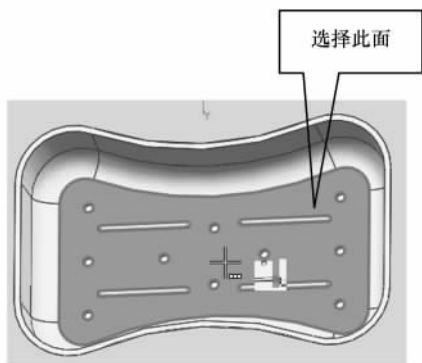


图 4-44 选择产品的内表面

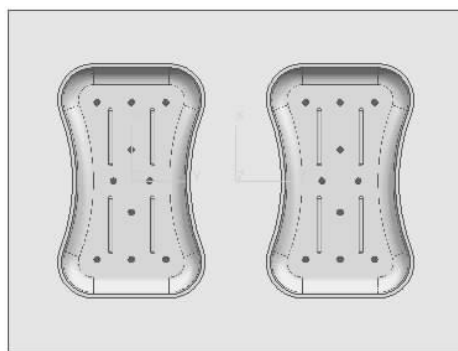




图 4-45 修补好的碰穿孔面

第8步:抽取型腔面。单击“插入”菜单→选择“关联复制”→单击  抽取(E)... →系统弹出“抽取”对话框(见图4-46),在“类型”列表框中选择“面”→选择产品的所有型腔面,其他设置如图4-46所示→单击“确定”按钮。用同样的方法抽取另一穴产品的型腔面,得到图4-47所示的效果。

注意:在抽取型腔面时,如果产品的面比较多,可以选择区域面,使用种子面加边界的方法定义区域面。本实例中种子面可以是产品型腔侧的任意一个面,边界就是产品的底面以及内表面。

第9步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 27、图层 28 关闭→单击“插入”菜单→选择“组合体”→单击  缝合(W)... →弹出“缝合”对话框(见图4-48)→选择用“拉伸”对话框创建的分型面作为“目标”→框选所有面作为“刀具”→单击“确定”按钮。缝合后的型腔面如图4-49所示。

注意:之所以把图层 27、图层 28 关闭,是因为在使用“曲面补片”工具补碰穿孔面时,每一

个碰穿孔处系统会自动产生三个相同的面,由于使用手动分模可以不用系统自动放于图层 27、图层 28 的碰穿孔面,所以在缝合前把它们关闭掉。

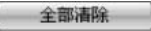


检查缝合的型腔面的完整性:单击“分析”菜单→单击“检查几何体”→系统自动弹出“检查几何体”对话框→选择缝合的型腔面→单击  按钮→选中“片体边界”复选框→单击  按钮→选中“高亮显示结果”复选框→单击  按钮→弹出的“信息”栏中如果显示“找到的边界数”为“1”,则表明缝合的型腔面是完整的,否则表明不完整。



图 4-46 “抽取”对话框

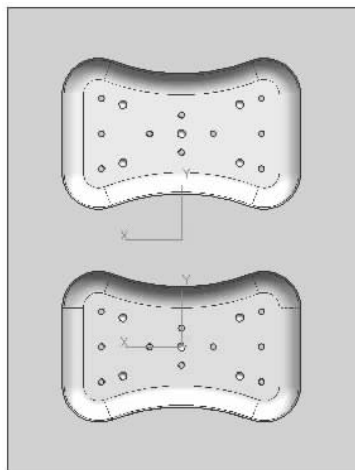


图 4-47 抽取后的效果



图 4-48 “缝合”对话框

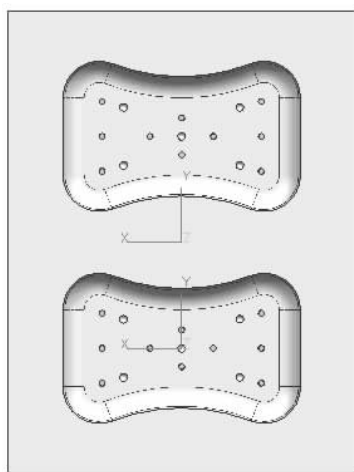




图 4-49 缝合后的型腔面

3. 创建型腔和型芯

第 1 步:按 $\text{Ctrl}+\text{Shift}+\text{U}$ 快捷键显示没关闭的层所包含的所有对象→在绘图区域单击鼠标右键→选择“渲染样式”→选择  局部着色 。


第 2 步:在模具工具栏中单击分割实体按钮  →系统弹出“分割实体”对话框(见图 4-50)→选择工件→“分割实体”对话框变成图 4-51 所示的形式→选中“由实体、片体、基准平面分割”复选框→选择型腔面→单击“确定”按钮→系统弹出“修剪方法”对话框(见图 4-52)→单击“拆分”按钮→系统自动返回“分割实体”对话框→单击“取消”按钮。



图 4-50 “分割实体”对话框



图 4-51 “分割实体”对话框

第 3 步:选择两个产品、型腔面以及型芯部分实体→按 Ctrl+B 快捷键隐藏所选对象。


第 4 步:单击“拉伸”按钮 , 在型腔分型面的 4 个角拉伸 4 个 20mm×20mm×8mm 的方块(见图 4-53)。



图 4-52 “修剪方法”对话框

第 5 步:选中 4 个方块→按 Ctrl+J 快捷键→系统弹出“编辑对象显示”对话框(见图 4-54)→选中“局部着色”复选框。

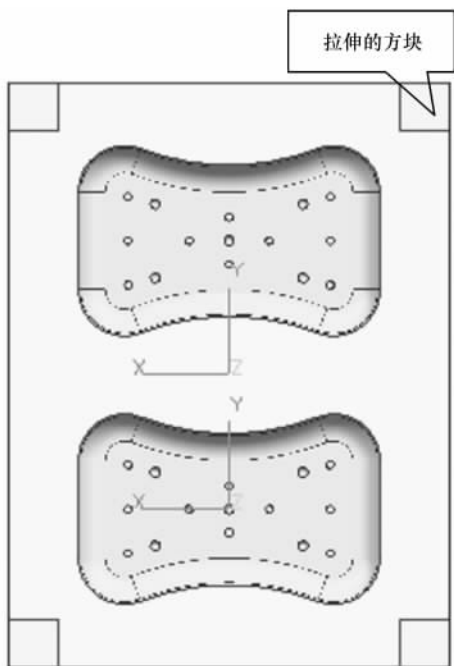






图 4-53 拉伸的 4 个方块



图 4-54 “编辑对象显示”对话框

第6步:在绘图区域单击鼠标右键→选择“渲染样式”→单击  局部着色 ,得到的效果如图 4-55 所示。

第7步:单击“插入”菜单→选择“细节特征”→单击  拔模  →系统弹出“拔模”对话框(见图 4-56)→“类型”选择“从平面”→矢量方向选择开模方向→“固定面”选方块的上表面→“要拔模的面”选每个方块里面的两个侧面(见图 4-57)→拔模角度设为“10”(如果方向反了,可以在数字前面加负号改变方向)→单击“确定”按钮。

第8步:选中4个方块→单击“格式”菜单→单击“复制至图层”→系统弹出“图层复制”对话框(见图 4-58)→在“目标图层或类别”文本框中输入“7”→单击“确定”按钮。

第9步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,取消选中图层 7 前面的复选框,关闭图层 7。

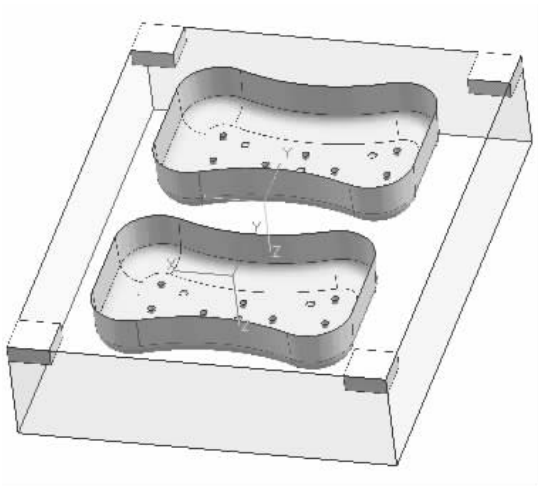








图 4-55 局部着色后的效果



图 4-56 “拔模”对话框

第10步:单击“插入”菜单→选择“组合体”→单击  求差  →系统弹出“求差”对话框(见图 4-59)→选择型腔(作为“目标”)→选择4个方块(作为“刀具”)→单击“确定”按钮,得到的型腔如图 4-60 所示。

第11步:单击“插入”菜单→选择“细节特征”→单击  边倒圆  →选择4个定位虎口两定位面相交的边(见图 4-61)→在“边倒圆”对话框中的“Radius”文本框中输入“4”(见图 4-62)→单击“确定”按钮。

第12步:单击“插入”菜单→选择“细节特征”→单击  倒斜角  →选择型腔的左下角的边(见图 4-63)→在“倒斜角”对话框(见图 4-64)中的“距离”文本框中输入“10”→单击“确定”按钮。

第13步:用与第12步相同的操作对型腔底面的所有边倒 C2 的斜角。完成后的型腔如图 4-65 所示。

注意:拉伸方块是用来构建型腔和型芯的定位虎口的,型腔与方块求差,型芯与复制的方

块求和。型腔左下角倒 C10 的斜角作为加工的基准角。

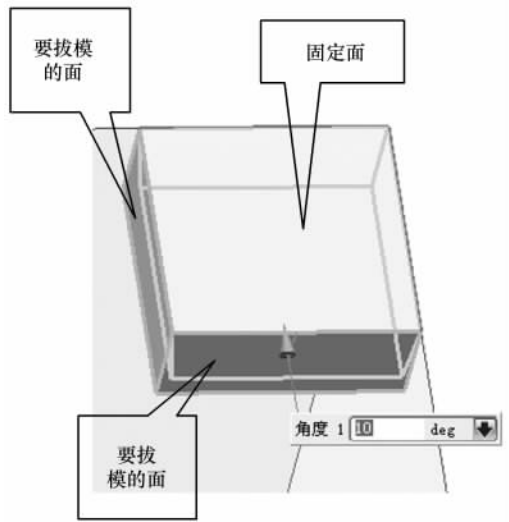


图 4-57 拔模所选面



图 4-58 “图层复制”对话框



图 4-59 “求差”对话框

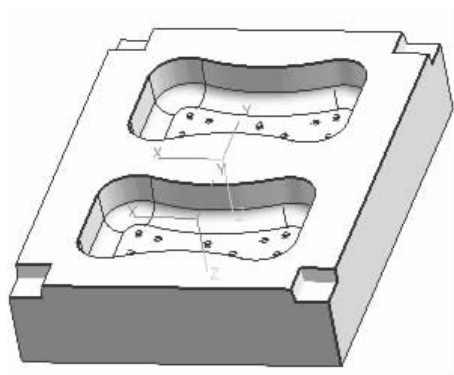


图 4-60 求差后的型腔

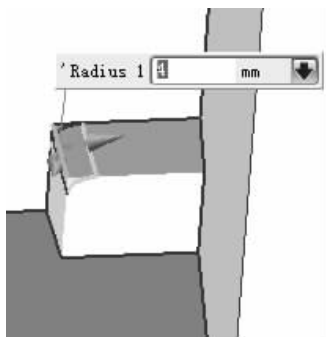


图 4-61 选择边



图 4-62 “边倒圆”对话框

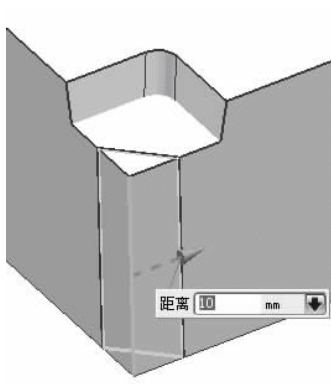


图 4-63 选择边



图 4-64 “倒斜角”对话框

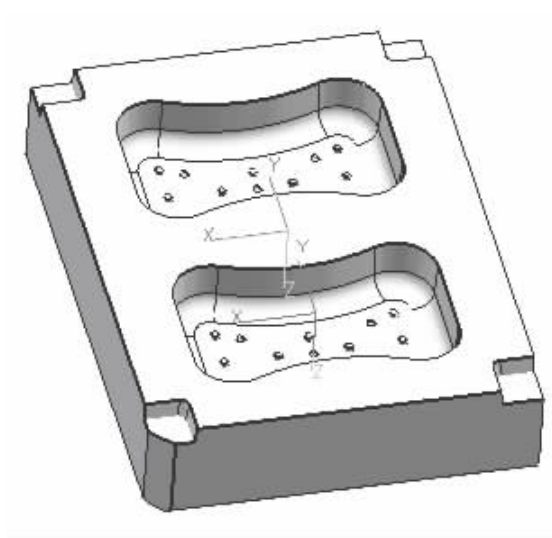




图 4-65 完成后的型腔

第 14 步:单击过滤器→选择实体→选择型腔实体→单击“格式”菜单→选择“移动到图层”→系统弹出“图层移动”对话框(见图 4-66)→在“目标图层或类别”文本框中输入“8”→单击“确定”按钮。

第 15 步:按 Ctrl+Shift+U 快捷键显示未关闭图层的所有对象→选择型芯实体→单击“格式”菜单→选择“移动到图层”→系统弹出“图层移动”对话框→在“目标图层或类别”文本框中输入“7”→单击“确定”按钮。

第 16 步:把型腔分型面移动到图层 28 中,把复制旋转的产品移动到图层 5 中。

第 17 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把其他图层关闭,只打开图层 5 和图层 7→单击“求差”按钮  →系统弹出“求差”对话框(见图 4-67)→选择型芯实体(作为“目标”)→选择两个产品(作为“刀具”)→选中“保持工具”复选框→单击“确定”按钮。

第 18 步:单击“求和”按钮  →系统弹出“求和”对话框(见图 4-68)→选择型芯实体(作为“目标”)→框选 4 个方块(作为“刀具”)→取消选中“保持工具”复选框→单击“确定”按钮。

第 19 步:在 4 个定位虎口的两个定位面相交处倒 C5 的斜角,右下角倒 C10 的斜角,底面整周倒 C2 的斜角。

第 20 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 5 关闭。完整的型芯如图 4-69 所示。

第 21 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,打开图层 5 和图层 7→在绘图区域单击鼠标右键→选择“渲染样式”→单击“局部着色”,得到完整的 3D 分模图(见图 4-70)。



图 4-66 “图层移动”对话框



图 4-67 “求差”对话框



图 4-68 “求和”对话框

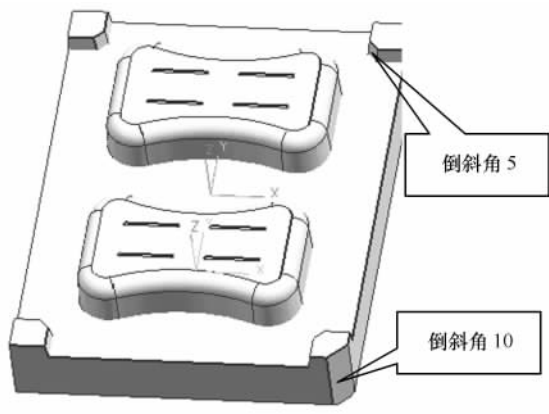


图 4-69 完整的型芯

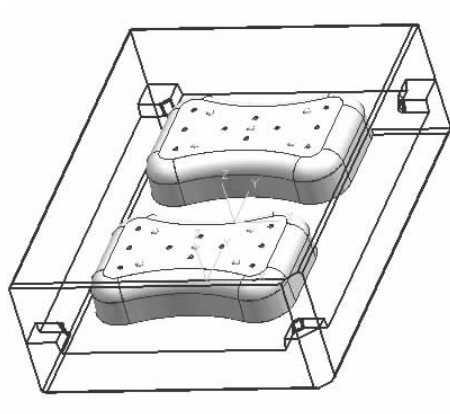


图 4-70 完整的 3D 分模图

注意:

① 用鼠标选择目标对象的时候,把鼠标指针指向想选择的对象,然后停留几秒钟,当鼠标指针右下角出现 4 个白色的小点的时候,单击鼠标右键就可以在弹出的“快速拾取”对话框中选择想要选择的对象。

② 通常把原始产品放置在图层 4,由原始产品抽取出来的产品放置在图层 5,型腔放置在图层 8,型腔分型面放置在图层 28,型芯放置在图层 7,型芯分型面放置在图层 27。读者也可以根据自己的习惯,合理有效地管理图层。

③ 在一模二穴的情况下,通常先完全做好一穴的分型面,另一穴用旋转复制的方式完成,然后把两穴的分型面缝合成一个完整的分型面,最后用分型面分割前后模仁。

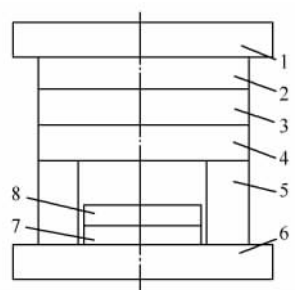
五、注射模标准模架的选用

模架是注射模的骨架,将模具的各功能部件有机地组合成一体。注射模模架一般由动模

座板、定模座板、动模板、定模板、支撑板、垫块、推板及推杆固定板等零件组成,如图 3-71 所示。

为了提高生产效率,缩短模具制造周期,一般注射模具的模架都已经标准化、系列化。塑料注塑模模架国家标准有两个,即《塑料注塑模中小型模架及技术条件》(GB/T 12556—1990)和《塑料注塑模大型模架》(GB/T 12555—1990)。前者适用的模板尺寸为小于 $560\text{mm} \times 900\text{mm}$,后者适用的模板尺寸为 $(630\text{mm} \times 630\text{mm}) \sim (1250\text{mm} \times 2000\text{mm})$ 。这里主要介绍常用中小型模架。

中小型模架有基本型和派生型,而基本型有 4 种,即 A1、A2、A3 和 A4,如图 4-72 所示。A1、A2 为推杆推出结构型(A2 带有支撑板),A3、A4 为推板推出结构型(A4 带有支撑板)。



1—定模座板; 2—定模板;
3—动模板; 4—支撑板;
5—垫块; 6—动模座板;
7—推板; 8—推杆固定板

图 4-71 注射模模架

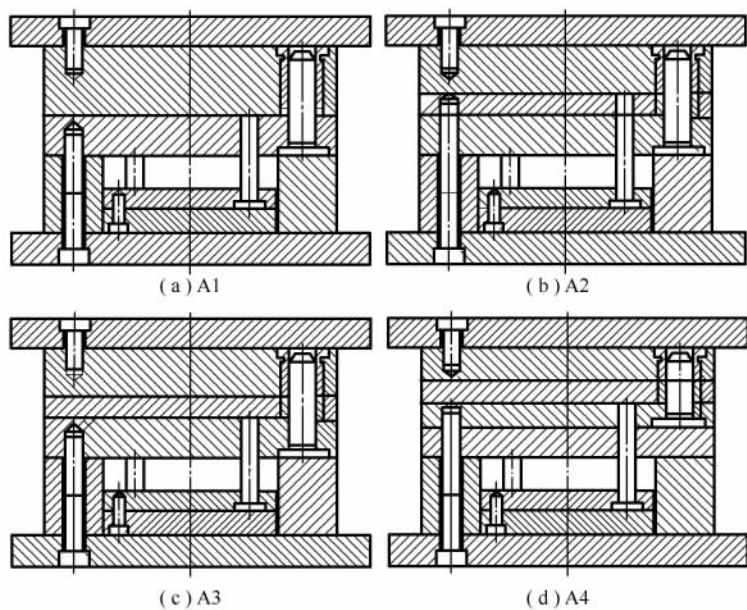


图 4-72 基本型结构

派生型是在基本型的基础上派生而来的、以点浇口和多分型面为主的结构形式,其代号为 P,分为 P1~P9 型。这里不再详述。

另外,注射模具的其他零部件如推杆、导柱、导套、浇口套等都已实现标准化、专业化生产,用户可根据需要从专业厂商处选购。

【实训操作 4】



运用 UG 软件为肥皂盒模具选择模架。

选模架时应该考虑塑件的推出形式,以便确定相应的模架。肥皂盒的模架要根据塑件实际情况选择推出方式,如是非透明塑件,可选用推杆推出形式;如是透明塑件,则应选择推板推

出形式。这里假设肥皂盒为非透明塑件,所以选择推杆推出形式的模架 A1。

模架选择过程如下(接【实训操作 2】)。

1. 模架的确定与调用

第 1 步:单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击  定向(W) →系统弹出“CSYS”对话框(见图 4-73)→“类型”选择  绝对 CSYS →对话框变成图 4-74 所示的形式,同时图中显示出绝对坐标系(见图 4-75)→单击“取消”按钮。由此可以清楚地看见绝对坐标系与模具中心不一致。



注意:如果图中的绝对坐标系不在型腔中心,而且 Z 轴与开模方向不同,则需要把图中的开模方向调整为与绝对坐标 Z 轴一致,型腔的宽度方向为 X 轴方向,型腔的长度方向为 Y 轴方向,而且与型腔中心重合,以保证调用模架时型腔中心坐标与模架坐标系对齐。



图 4-73 “CSYS”对话框



图 4-74 “CSYS”对话框

第 2 步:框选所有对象→单击“编辑”菜单→选择  移动对象(O) →系统弹出“移动对象”对话框(见图 4-76)→在对话框的“运动”列表框中选择“角度”→选择与 Y 轴一致的方向作为矢量(见图 4-77)→单击“点构造器”按钮  →系统弹出“点”对话框(见图 4-78)→选中“相对于 WCS”,坐标均设为“0”→单击“确定”按钮→系统返回到“移动对象”对话框→“角度”设为“180”→选中“移动原先的”→单击“确定”按钮。

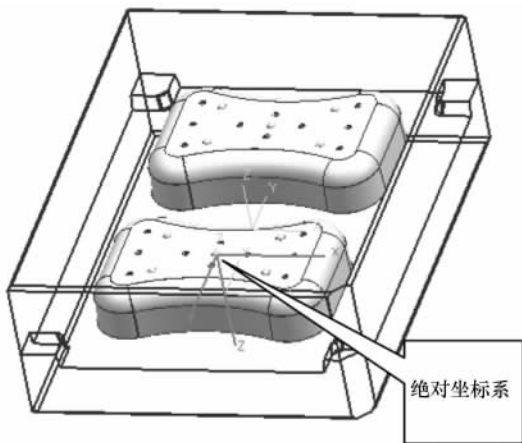


图 4-75 绝对坐标系



图 4-76 “移动对象”对话框

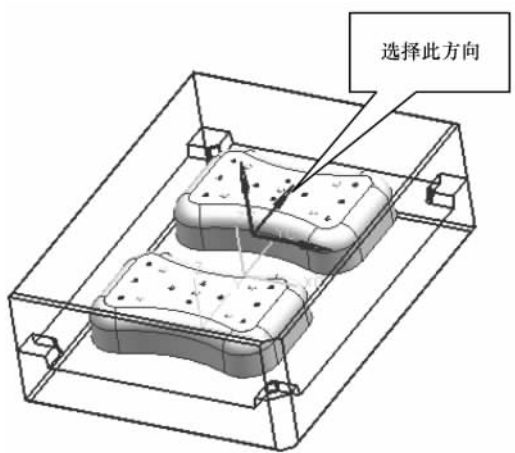


图 4-77 选择矢量



图 4-78 “点”对话框

第 3 步:单击“信息”→单击“点”按钮→系统弹出“点”对话框(见图 4-79),并自动捕捉到工作坐标系原点→选中“绝对”→坐标值在“点”对话框中显示出来,可以看出工作坐标系与绝对坐标系不一致。

第 4 步:框选所有对象→单击“编辑”菜单→选择 移动对象(O)... →系统弹出“移动对象”对话框(见图 4-80)→在对话框的“运动”列表框中选择“距离”→选择与 Z 轴一致的方向作为矢量(见图 4-81)→“距离”设为“25”→选中“移动原先的”→单击“应用”按钮。

第 5 步:采用与第 4 步一样的操作把所有图沿 Y 轴负方向移动 55mm。

第 6 步:采用与第 2 步一样的操作把所有图绕 Z 轴方向旋转 180°。

第 7 步:单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击 定向(N)... →系统弹出“CSYS”对话框(见图 4-82)→“类型”选择 绝对 CSYS →对话框变成图 4-83 所示的形式→单击“确定”按钮。

第 8 步:单击模具工具栏的“模架”按钮 →系统弹出“模架管理”对话框(见图 4-84)→“目录”设为“FUTABA_S”→“TYPE”设为“SC”→选择“2735”的模架→把模架的相关参数修改成图 4-84 所示的数值,其余的保持不变→单击“确定”按钮。

第 9 步:按 Ctrl+L 快捷键打开弹出“图层设置”对话框,把图层 62、图层 100 关闭。调出的模架如图 4-85 所示。



图 4-79 “点”对话框



图 4-80 “移动对象”对话框

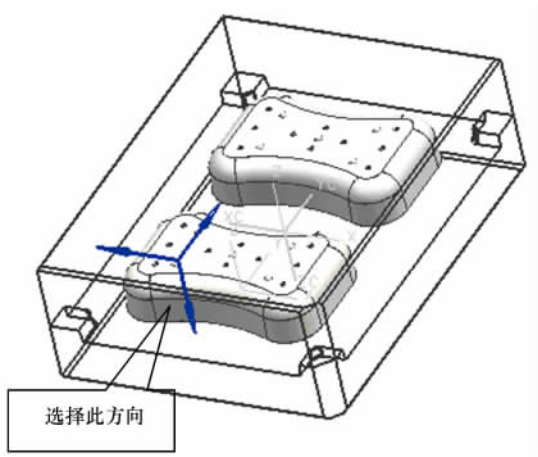


图 4-81 选择矢量



图 4-82 “CSYS”对话框

fix_open = 0.5
move_open = 0.5
EJB_open = 5

AP_h = 70
BP_h = 80
CP_h = 80



图 4-83 “CSYS”对话框

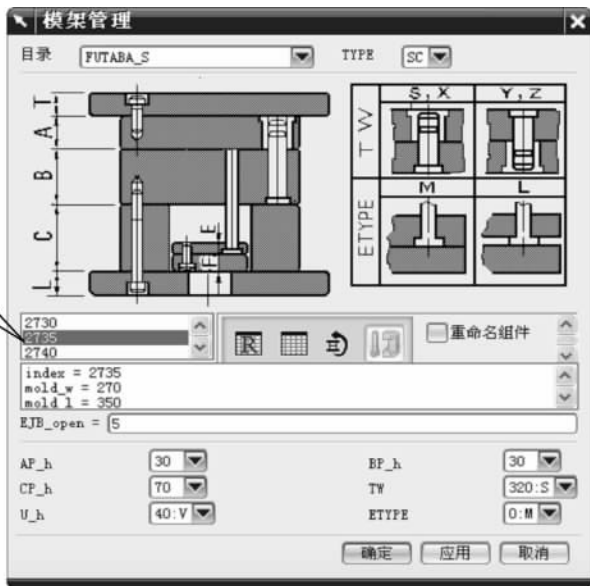






图 4-84 “模架管理”对话框

2. 型腔板和型芯板开框

第 1 步:在绘图区域按住鼠标右键不放→选择“带边着色”→按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 7 关闭→单击装配导航器按钮→取消选中“proj_movehalf_026”(把动模部分隐藏)。

第 2 步:单击装配导航器按钮→单击“proj_fixhalf_026”前的加号→双击“proj_a_plate”名称。

第 3 步:单击“拉伸”按钮→系统弹出“拉伸”对话框→选择型腔板(A 板)上表面→系统自动转正草绘平面→单击“掺入”菜单→选择“处方曲线”→单击投影曲线→系统弹出“投影曲线”对话框(见图 4-86)→选择型腔的 4 条轮廓线→单击“确定”按钮→单击“制作拐角”按钮→系统弹出“制作拐角”对话框(见图 4-87)→选择没有相连接的两条投影曲线→系统弹出一个提示对话框(见图 4-88)→单击提示对话框中的“确定”按钮→单击“制作拐角”对话框中的

“关闭”按钮→按 Ctrl+Q 快捷键退出草绘→系统返回“拉伸”对话框(见图 4-89)，“开始距离”设为“0”，“结束距离”设为“49.5”→“布尔”设为“求差”→选择型腔板→单击“确定”按钮。

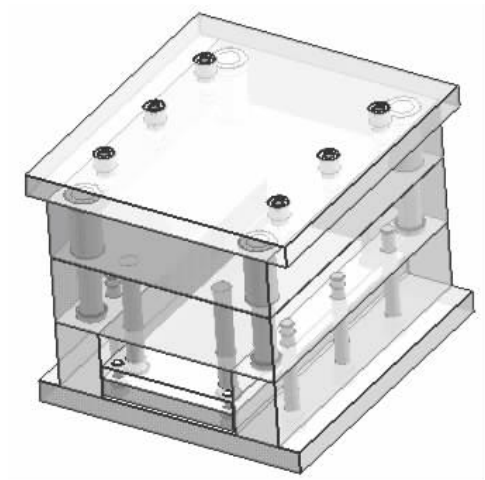


图 4-85 调出的模架



图 4-86 “投影曲线”对话框

第 4 步:同样使用“拉伸”命令对型腔板的型腔框进行清角。开框后的型腔板如图 4-90 所示。



图 4-87 “制作拐角”对话框

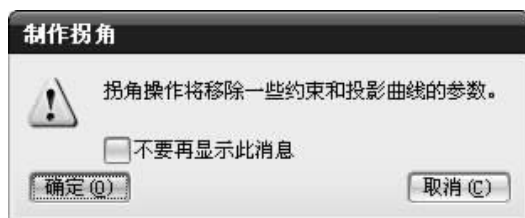


图 4-88 提示对话框



图 4-89 “拉伸”对话框

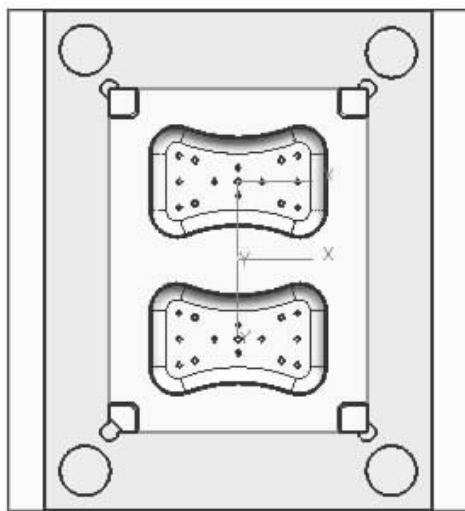



图 4-90 开框后的型腔板

第 5 步:单击装配导航器按钮→取消选中“proj_fixhalf_026”,把定模部分隐藏→选中

“proj_movehalf_Q26”,把动模部分显示→按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 8 关闭,图层 7 打开。

第 6 步:双击型芯板→采用与第 3 步和第 4 步类似的操作完成型芯板的开框。开框后的型芯板如图 4-91 所示。

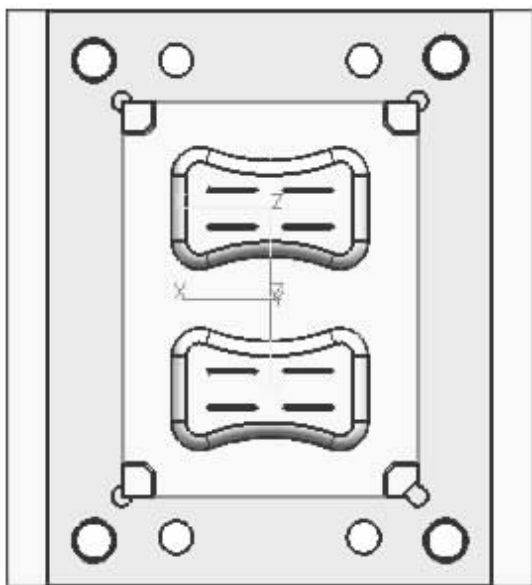


图 4-91 开框后的型芯板

六、浇注系统的设计

(一) 浇注系统的组成及设计原则

注射模具的浇注系统是指模具中从注射机喷嘴开始到模具型腔为止的塑料熔体的流动通道。浇注系统的作用是使塑料熔体平稳有序地填充到模具型腔中,并在填充和凝固过程中把压力充分传递到各个部位,以获得组织致密、外形规则清晰的塑料制品。浇注系统在模具中占有非常重要的地位,它的合理设计对制品的准确成型起到决定作用。

1. 浇注系统的组成

浇注系统一般由主流道、分流道、浇口和冷料穴 4 个部分组成,如图 4-92 所示。

(1) 主流道

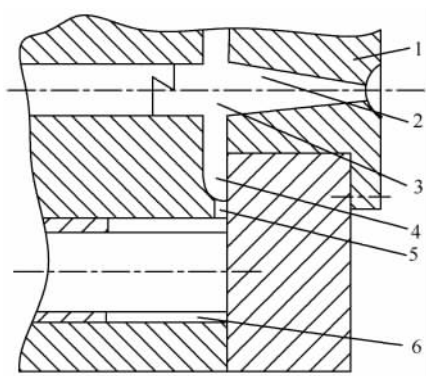
主流道是从注射机喷嘴与模具接触的部位到分流道为止的一段流道,是熔融塑料进入模具时最先经过的地方。

(2) 分流道

分流道是主流道与浇口之间的一段流道,它是熔融塑料由主流道进入模具型腔的过渡段,能使塑料的流动得到稳定,方向得以转变。对于多模腔,分流道还起着向各个模具型腔分配塑料的作用。

(3) 浇口

浇口是分流道与模具型腔之间的狭窄部分,也是最短的部分。它的作用是使由分流道进来的熔融塑料在进入模具型腔时产生加速度,以便快速充型。成型后浇口处的塑料首先凝固,封闭模具型腔,防止塑料倒流,避免产生缩孔和凹陷,也便于成型后使浇注系统凝料和塑件



1—主流道衬套；2—主流道；3—冷料穴；4—分流道；5—浇口；6—型腔

图 4-92 普通通道浇注系统

分离。

(4) 冷料穴

在注射间隔时间内,喷嘴内的塑料由于温度下降,或在每次注射成型开始时,最前端的物料接触低温的模具降温,都会使物料变硬,被称为冷料头。冷料穴的作用是储存两次注射间隔中产生的冷料头,防止冷料头进入模具型腔造成塑件熔接不可靠,影响塑件质量,甚至发生冷料头堵塞浇口,造成成型不满。冷料穴一般设计在主流道的末端,当分流道较长时,在它的末端也应开设冷料穴。

2. 浇注系统的设计原则

浇注系统在设计时,一般要遵循以下原则。

① 排气良好。浇注系统应该能够顺利地引导熔融塑料填充到模具型腔的各个部位,不产生涡流和紊流,并能使模具型腔内的气体顺利排出。

② 防止型芯和塑件变形。高速熔融的塑料进入模具型腔时,要尽量避免料流直接冲击型芯和嵌件,防止型芯及嵌件变形。对于大型塑件或精度要求较高的塑件,可以采用多点浇口的进料方式。

③ 缩小熔体流动距离。在满足成型和排气的条件下,塑料熔体应以最短的距离流到模具型腔并充型,这样可以增强充型能力,提高制品质量,减少原料消耗。

④ 热量及压力损失要小。浇注系统应尽可能地缩短长度,减少转弯、变径,以避免产生压力损失和温度的大幅下降。

⑤ 浇注系统的设计要方便修整浇口和去除浇口凝料。

⑥ 要从所使用的塑料本身特性出发,满足原料对浇注系统的要求。

⑦ 防止厚薄悬殊。在一副模具内设计有两种以上不同几何形状的制品时,应防止将壁厚悬殊的制品放在同一个模具内,因为工艺要求不同,在注射过程中一般很难同时满足。

(二) 普通浇注系统的设计

1. 主流道的设计

在模具工作时,由于主流道部分的小端入口及注射机喷嘴与具有一定温度、压力的塑料熔体会冷热交替地反复接触,比较容易受损,所以主流道部分常设计成可拆卸更换的主流道衬套。采用主流道衬套不仅对主流道的加工和热处理有利,而且在主流道损坏后便于修理或更换,可以延长模具的使用寿命。主流道形状及其与注射机喷嘴的配合关系如图 4-93 所示。

① 主流道通常设计成圆锥形,其锥角 $\alpha=2^{\circ}\sim 6^{\circ}$,内壁表面粗糙度一般为 $Ra=0.63\mu m$ 。

② 为防止主流道与喷嘴处溢料,主流道对接处应制成半球形凹坑,其半径 $R_2=R_1+(1\sim 2)\text{mm}$,其小端直径 $d_1=d_2+(0.5\sim 1)\text{mm}$,凹坑深度 h 取 $3\sim 5\text{mm}$ 。

③ 为减小料流转向过渡时的阻力,主流道大端呈圆角过渡,圆角半径 r 取 $1\sim 3\text{mm}$ 。

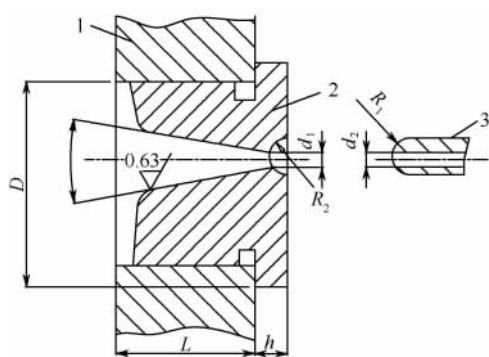
④ 在保证塑料良好成型的前提下,主流道长度 L 应尽量小,否则将增多流道凝料,且增加压力损失,使塑料降温过多而影响注射成型。通常主流道长度由模板厚度决定,一般取 $L\leq 60\text{mm}$ 。

主流道衬套有 A、B 两种类型,如图 4-94 所示,可视实际情况选用。在设计主流道衬套时应注意以下几点。

① 主流道衬套应选用优质钢材,一般采用碳素工具钢 T8A、T10A,热处理后硬度要达到 $53\sim 57\text{HRC}$ 。

② 主流道衬套与定模之间为紧配合,一般采用 $H7/m6$ 。

③ 主流道衬套的长度应与定模配合部分的厚度一致,主流道出口处的端面不能突出在分型面上,否则就会造成溢料或模具损坏。



1—定模板; 2—浇口套; 3—注射机喷嘴

图 4-93 主流道形状及其与注射机喷嘴的配合关系

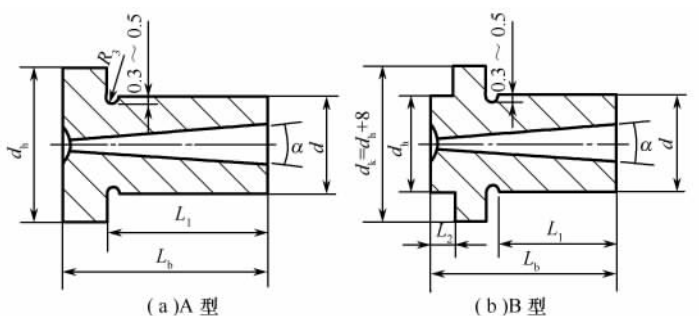


图 4-94 主流道衬套的类型

2. 分流道的设计

单腔注射模不用分流道,但多腔注射模必须开设有分流道。在设计分流道时,要求熔体通过时产生的温度和压力损失要小,而且还能把物料均匀平稳地分配给各个型腔。在设计分流道时有以下要求。

① 分流道的排列布置要平衡。

② 分流道的截面形状可参考图 4-95 设计。其中,圆形截面在理论上效果最好,但加工装配不容易,所以很少使用。在生产中最常用的是梯形截面的分流道,它加工容易,熔体通过时产生的温度和压力损失少,可按以下比例设计:

$$h = \frac{2}{3}b_1 \quad (4-19)$$

$$b_2 = \frac{3}{4}b_1 \quad (4-20)$$

b_1 可根据成型条件和模具结构确定,一般在 5~10mm 之间。

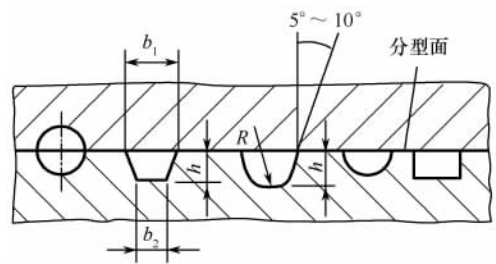


图 4-95 分流道的截面形状

③ 分流道的长度需要根据制品的壁厚、体积、形状复杂程度以及所用塑料的性能等因素综合确定,长度一般在 8~30mm 之间。

④ 分流道的内壁表面粗糙度在 $1.25 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 之间,不宜过小,以免冷料被带入模具型腔。

分流道的布置形式取决于型腔的布局,设计时的原则是:排列紧凑,模板尺寸小,流动距离短,锁模力平衡。

实际生产中用到的多腔模具中,各个型腔为相同塑件的情况最常见,其分流道分布和浇注系统平衡有如下两种方式。

(1) 流动支路平衡

流动支路平衡是指从主流道到达各个模具型腔的分流道和浇口,其长度、截面形状和尺寸完全相同,如图 4-96 所示。只要各个流动支路加工得相对误差很小,就能保证各个模具型腔同时充型并压力相同。

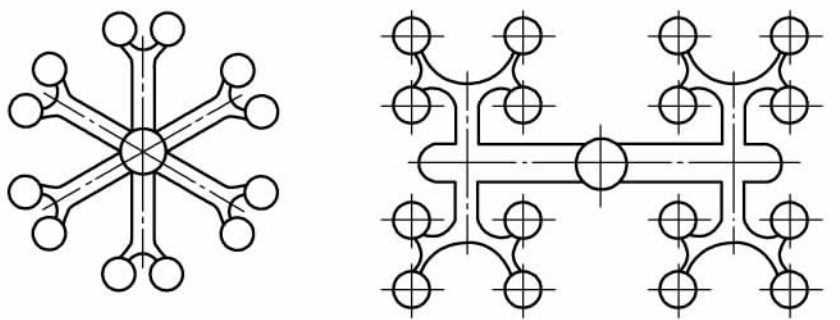


图 4-96 流动支路平衡

(2) 熔体压降平衡

这种情况多见于型腔数量非常多的时候,在模具的整个尺寸上已经无法平均分布,不能采

用流动支路平衡方法。这时,各个模具型腔的分流道截面形状和大小可以相同,但长度不同,进入各个模具型腔的浇口截面大小也不同,如图 4-97 所示。只有通过对各个模具型腔浇口截面大小的调节,使熔体从主流道流经不同长度的分流道,并经过大小不一的各个模具型腔浇口而产生相同的压力降,才能使各个模具型腔同时充满。

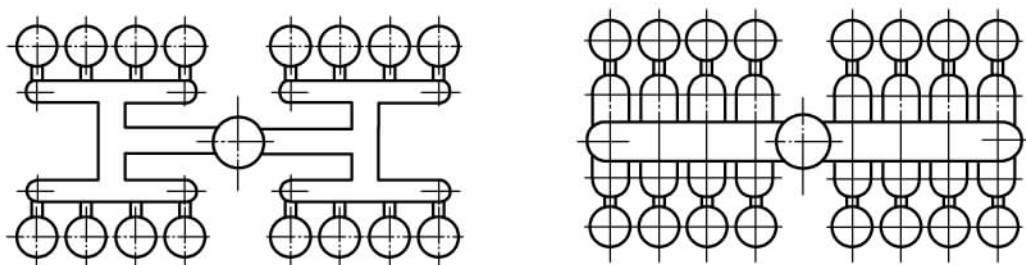


图 4-97 熔体压降平衡

3. 浇口的设计

浇口是连接流道与型腔的一段细短通道,主要起调节料流速度、补料时间及防止倒流等作用。一般来说浇口(除直接浇口)是浇注系统中尺寸和截面积最小的部分,但却是浇注系统中最关键的部位。浇口的形状、尺寸和进料位置等对塑件成型质量影响很大,浇口设计不合理会使塑件产生缺陷,如缩孔、缺料、白斑、熔接痕、质脆、分解和翘曲等。因此,正确设计浇口是提高塑件质量的重要环节。影响浇口设计的因素主要有塑料性能、塑件形状、截面尺寸、模具结构及注射工艺参数等。

浇口设计的基本要求是使熔料以较快的速度进入并充满型腔,同时在充满后能适时冷却封闭。因此浇口面积要小,长度要短,这样可增大料流速度,快速冷却封闭,且便于塑件与浇口凝料分离,不留明显的浇口痕迹,保证塑件外观质量。

1) 浇口设计的原则

① 浇口尺寸及位置选择应避免熔体破裂而产生喷射和蠕动(蛇形流)。

浇口的截面尺寸较小,且正对宽度和厚度较大的型腔,当高速熔体流经浇口时,由于受较高的切应力作用,将会产生喷射和蠕动等熔体破裂现象,在塑件上形成波纹状痕迹,或在高速下喷出高度定向的细丝或断裂物,它们很快冷却变硬,与后来的塑料不能很好地熔合,从而造成塑件的缺陷或表面疵病。喷射还使型腔内的空气难以顺利排出,形成焦痕和空气泡。

克服熔体破裂的办法有两个:一个是加大浇口的截面尺寸,降低流速,但是这样会使充模速度减小;另一个是采用冲击式浇口,就是浇口开设位置正对着型腔或型芯,高速料流冲击到型腔壁或型芯上降低了流速,避免了喷射现象的产生。如图 4-98(a)所示为非冲击式浇口,如图 4-98(b)所示为冲击式浇口。

② 浇口位置应开在塑件壁厚处。

当塑件壁厚相差较大时,在避免喷射的前提下,为减小流动阻力,保证压力有效地传递到塑件厚壁部位以减少缩孔,应把浇口开设在塑件截面最厚处,这样有利于填充补料。如塑件上有加强肋,则可利用加强肋作为流动通道以改善流动条件,如图 4-99 所示。

③ 浇口位置应远离排气位置。

浇口位置应有利于排气,通常浇口位置应远离排气部位,否则进入型腔的塑料熔体会过早封闭排气系统,致使型腔内气体不能顺利排出,影响塑件成型质量。

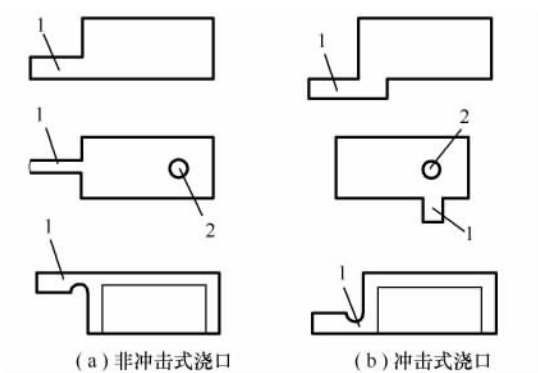


图 4-98 非冲击式与冲击式浇口

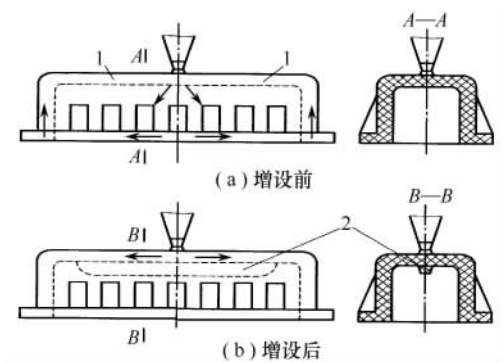


图 4-99 增设加强肋以利于塑料流动

采用图 4-100(a)中浇口的位置,充模时,熔体立即封闭模具分型面处的排气空隙,使型腔内的气体无法排出,从而在塑件顶部形成气泡。改用图 4-100(b)所示的位置,则克服了上述缺陷。

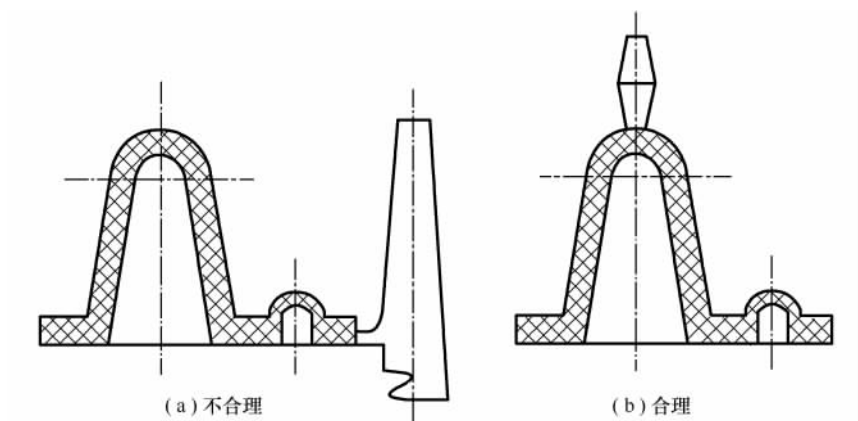


图 4-100 浇口位置对排气的影响

④ 浇口位置应使流程最短,料流变向最少,并防止型芯变形。

在保证良好充填条件的前提下,为减少流动能量的损失,应使塑料流程最短,料流变向最少。

采用图 4-101(a)所示的浇口位置,塑料流程长,流道曲折多,流动能量损失大,填充条件

差。改用图 4-101(b)所示的形式和位置,则可克服上述缺陷。

图 4-101(b)和图 4-101(c)中的进料位置可防止型芯变形。对有细长型芯的塑件,浇口位置应避免偏心进料,防止料流冲击使型芯变形、错位和折断。图 4-101(a)采用单侧进料,易产生此类缺陷。

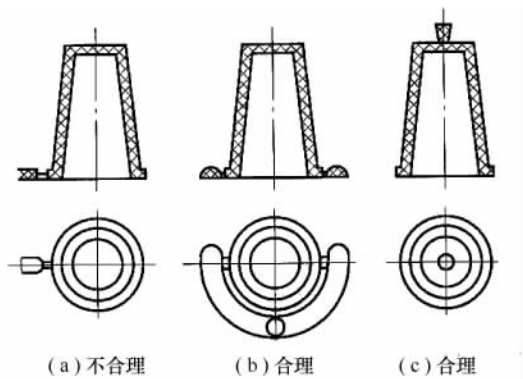


图 4-101 进料位置的影响

⑤ 浇口位置及数量应有利于减少熔接痕和增加熔接强度。

为了减少塑件上的熔接痕,在流程不太大时如果没有特殊要求,应尽量减少浇口数量,如图 4-102 所示。对于圆环塑件,为了减少熔接痕,浇口最好开在塑件的切线方向,如图 4-103 (a)所示。图 4-103(b)采用扇形浇口,浇口去除后将留下较大痕迹。对于大型圆环塑件,可以采用图 4-103(c)和图 4-103(d)所示的浇口形式。为了增加熔接强度,可以在熔接部位外侧加设冷料穴,如图 4-103(a)和图 4-103(b)所示,以便于前锋冷料的排出。

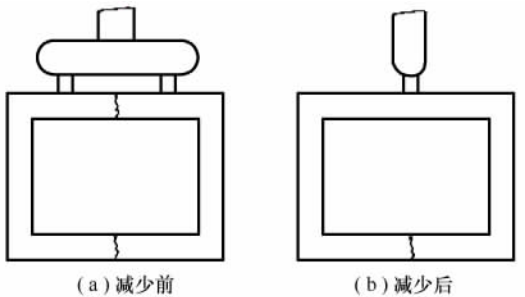


图 4-102 减少浇口以减少熔接痕

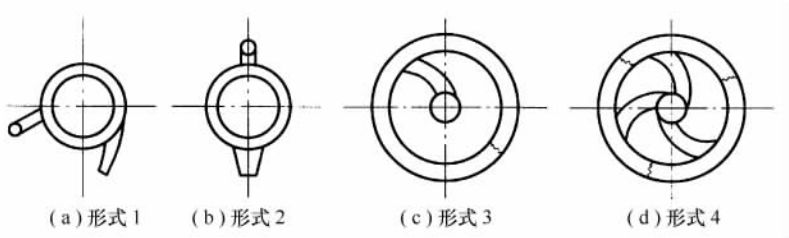


图 4-103 圆环形塑件的浇口开设

2) 浇口的类型

(1) 直接浇口

直接浇口又称中心浇口,由主流道直接进入型腔,如图 4-104 所示。直接浇口熔体的压力

损失小,成型容易,适用于任何塑料,常用于成型大而深的塑件。但浇口处固化慢,易造成成型周期延长,在浇口处容易产生较大的残余应力,浇口处易产生裂纹。浇口去除较困难,凝料切除后塑件上疤痕较大。直接浇口有时被称为非限制性浇口,而其他类型的浇口则统称为限制性浇口。

(2) 矩形侧浇口

矩形侧浇口开设在模具的分型面上,一般从制品的边缘进料,如图 4-105 所示。它广泛应用于中小型制品的多型腔注射模。截面形状简单,易于加工,便于试模后修正,但在制品的外表面留有浇口痕迹。

侧浇口尺寸往往较小,但对塑件成型工艺和质量影响较大。其大小由厚度、宽度和长度决定,厚度决定浇口的固化时间。在实践中通常在允许的范围内先将侧浇口的厚度加工得小一些,试模时再进行修正。确定侧浇口厚度 h 和宽度 b 的经验公式如下:

$$h = nt \quad (4-21)$$

$$b = \frac{n\sqrt{A}}{30} \quad (4-22)$$

式中, t ——塑料厚度(mm);

n ——系数,与塑料品种有关;

A ——塑件外表面面积(mm^2)。

根据式(4-22)计算所得的 b 若大于分流道的直径,可采用扇形浇口。

侧浇口宽度与厚度的比例大致是 3:1。

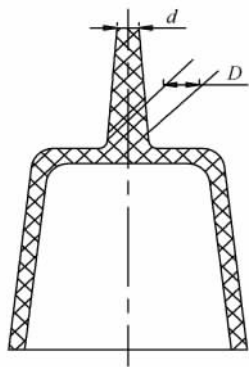


图 4-104 直接浇口

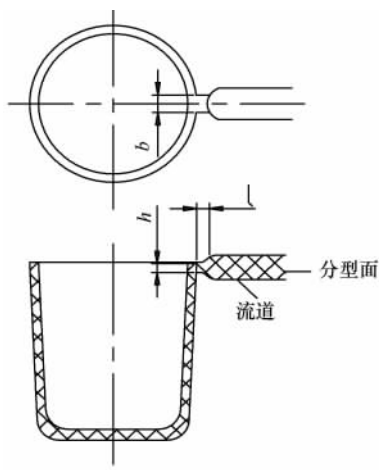


图 4-105 矩形侧浇口

(3) 扇形浇口

扇形浇口可以看成是矩形侧浇口的一种变异形式,如图 4-106 所示。其结构特点是在扇形浇口的整个长度上,为保证截面积处处相等,浇口的厚度应逐渐减小。扇形浇口适用于成型大平板状及薄壁塑件。

扇形浇口的中心部位与浇口边缘部位的流道长度不同,所以塑料熔体在中心部位和两侧的压力降与流道也不相同,为了达到一致,增大了扇形浇口两侧的厚度,这种做法使浇口的加工困难一些,但有助于熔体均匀地流过扇形浇口。

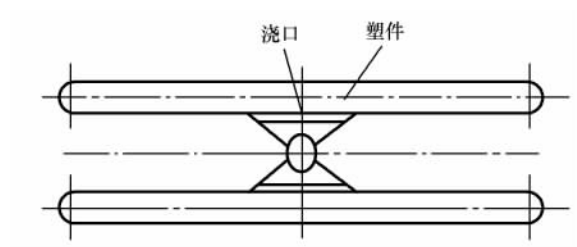


图 4-106 扇形浇口

(4) 环形浇口

环形浇口适用于长管形塑件,如图 4-107 所示。这种浇口能使熔料环绕型芯均匀进入模具型腔,充模状态较好,排气效果比侧浇口好,并能减少拼缝痕迹,但浇口凝料的切除较困难。

(5) 轮辐浇口

轮辐浇口将整个圆周进料改为几小段圆弧进料,如图 4-108 所示,它适用于圆筒形塑件。轮辐浇口的浇口料较少,去除浇口方便,且型芯上部得以定位,从而增强了稳定性。但增加了熔接痕数量,对塑件强度有一定影响。

(6) 爪形浇口

爪形浇口(见图 4-109)在型芯头部开设流道,分流道与浇口不在同一平面内。它主要用于内孔较小的管状塑件和同轴度要求高的塑件。型芯顶端伸入定模内起定位作用,避免了弯曲变形,保证了同轴度。

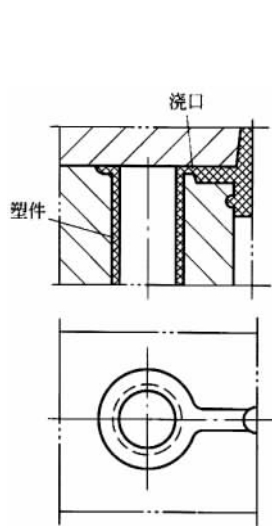


图 4-107 环形浇口

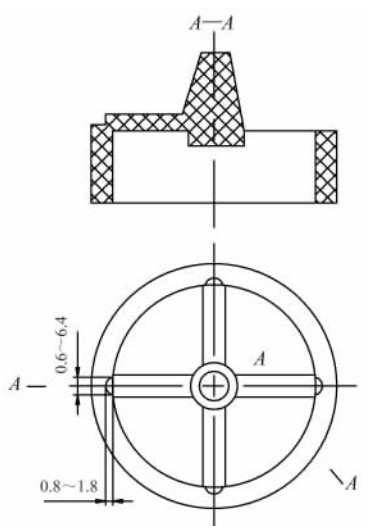


图 4-108 轮辐浇口

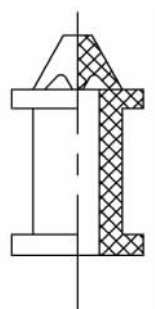


图 4-109 爪形浇口

(7) 点浇口

点浇口又称针点浇口,是一种在塑件中央开设浇口时使用的圆形限制浇口,如图 4-110 所示。点浇口常用于成型各种壳类、盒类塑件。浇口位置灵活,浇口附近变形小,多型腔时采用点浇口容易平衡浇注系统。对投影面积大的塑件或易变形的塑件,采用多个点浇口能够取得理想的效果。

点浇口由于浇口的截面积小,流动阻力大,需要提高注射压力,宜用于成型流动性好的热塑性塑料。采用点浇口时,为了能取出流道凝料,必须使用三板式双分型面模具或三板式热流

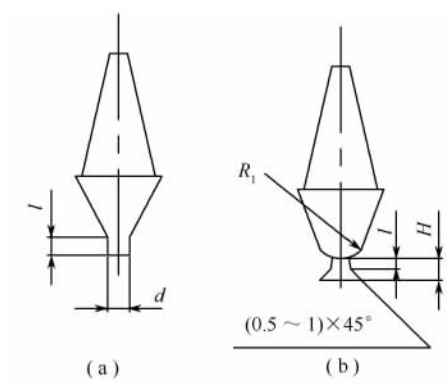


图 4-110 点浇口

道模具,费用较高。

一般点浇口的截面积与矩形侧浇口的截面积相等,设点浇口直径为 $d(\text{mm})$,则

$$d = 0.206n^4 \sqrt{t^2 A} \quad (4-23)$$

式中, n ——与塑料品种有关的系数,通常 PE、PS 取 0.6, POM、PC、PP 取 0.7, PA、PMMA 取 0.8, PVC 取 0.9;

t ——塑件壁厚(mm);

A ——塑件外表面面积(mm^2)。

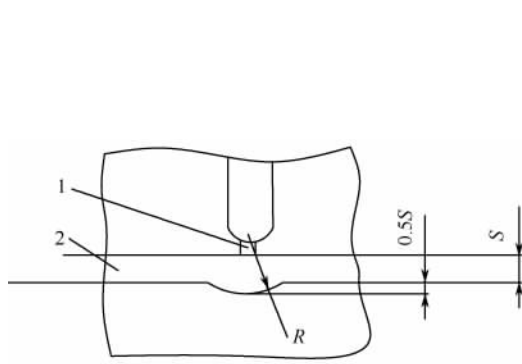
如图 4-110(a)所示,点浇口直径 d 常为 0.5~1.8mm,浇口长度 l 常为 0.5~2.0mm。为防止在切除浇口时损坏制品表面,可采用图 4-110(b)所示的结构,其中 R_1 是为了有利于熔体流动而设置的圆弧半径,为 1.5~3.0mm, H 为 0.7~3.0mm。

成型薄壁塑件时若采用点浇口,塑件易在浇口附近产生变形甚至开裂。为改善这一情况,在不影响使用的前提下,可将浇口对面的壁厚增大并以圆弧 R 过渡,如图 4-111 所示,此处圆弧还有贮存冷料的作用。

(8) 潜伏浇口

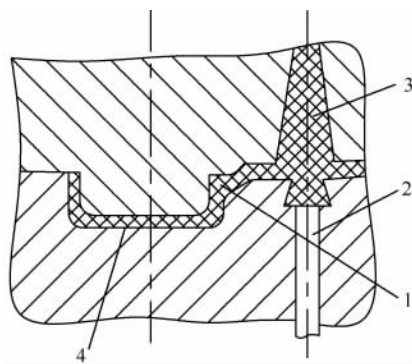
潜伏浇口从点浇口演变而来,如图 4-112 所示,不同的是采用潜伏浇口只需二板式单分型面模具,而采用点浇口需要三板式双分型面模具。

潜伏浇口有如下特点:



1—浇口; 2—型腔

图 4-111 薄壁制品浇口处壁厚局部增大



1—浇口; 2—推杆; 3—主流道; 4—制品

图 4-112 潜伏浇口

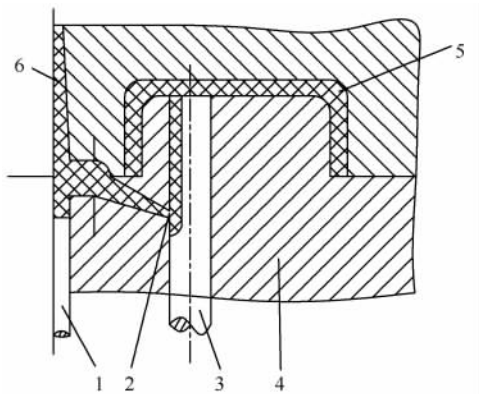
① 浇口位置一般选在制件侧面较隐蔽处,不影响塑件的美观。

② 分流道设置在分型面上,而浇口像隧道一样潜入到分型面下面的定模板上或动模板上,使熔体沿斜向注入型腔。

③ 浇口在模具开模时自动切断,不需要进行浇口处理,但在塑件侧面留有浇口痕迹。

④ 对于外观要求比较高的塑件,如手机面板、电池盖等,要避免浇口痕迹,可在推杆上开设二次浇口,使二次浇口的末端与塑件内壁相通。具有二次浇口的潜伏浇口如图 4-113 所示,这种浇口的压力损失大,必须提高注射压力。

潜伏浇口与分流道中心线的夹角一般为 $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$,常采用圆形或椭圆形截面,浇口大小可根据点浇口或矩形侧浇口的经验公式计算。



1—推杆; 2—浇口; 3—推杆; 4—动模; 5—制品; 6—主流道

图 4-113 具有二次浇口的潜伏浇口

(9) 护耳浇口

护耳浇口由矩形浇口和耳槽组成(见图 4-114),耳槽的截面积和水平面积均比较大。耳槽前部的矩形小浇口能使熔体因摩擦发热而温度升高,熔体在冲击耳槽壁后,能调整流动方向,平稳地注入型腔,因而塑件成型后残余应力小,另外依靠耳槽能允许浇口周边产生收缩,所以能减小因注射压力造成的过量填充以及因冷却收缩而产生的变形。护耳浇口适用于聚氯乙烯、聚碳酸酯等热稳定性差、黏度高的塑料的注射成型。护耳浇口需要较高的注射压力,其值约为其他浇口所需注射压力的两倍。另外,制品成型后增加了去除耳部余料的工序。

护耳浇口与分流道呈直角分布,耳部应设置在制品壁厚较大的部分。矩形小浇口尺寸可按矩形侧浇口公式计算。耳槽的长度可取分流道直径的 1.5 倍,耳槽的宽度约等于分流道的直径,耳槽的厚度可取塑件壁厚的 0.9 倍。耳槽的位置以距离塑件边缘小于 150mm 为宜。当塑件较宽时,需要使用多个护耳浇口,此时耳槽之间的最大距离约为 300mm。

4. 冷料穴的设计

冷料穴主要用于贮存两次注射间隔产生的冷料及熔体流动的前锋冷料,防止熔体冷料进入型腔。

冷料穴一般设在主流道的末端,当分流道较长时,在分流道的末端有时也设冷料穴。冷料穴底部常做成曲折的钩形或下陷的凹槽,使冷料穴兼有分模时将主流道凝料从主流道衬套中拉出并滞留在动模一侧的作用。

塑件成型后,穴内冷料与拉料杆的钩形头搭接在一起,拉料杆固定在推杆固定板上,如图 4-115(a)所示。开模时,拉料杆通过钩形头拉住穴内冷料,使主流道凝料脱出定模,然后随

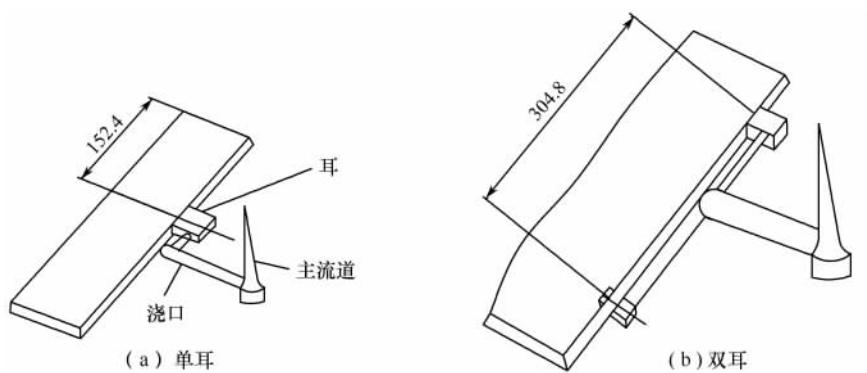
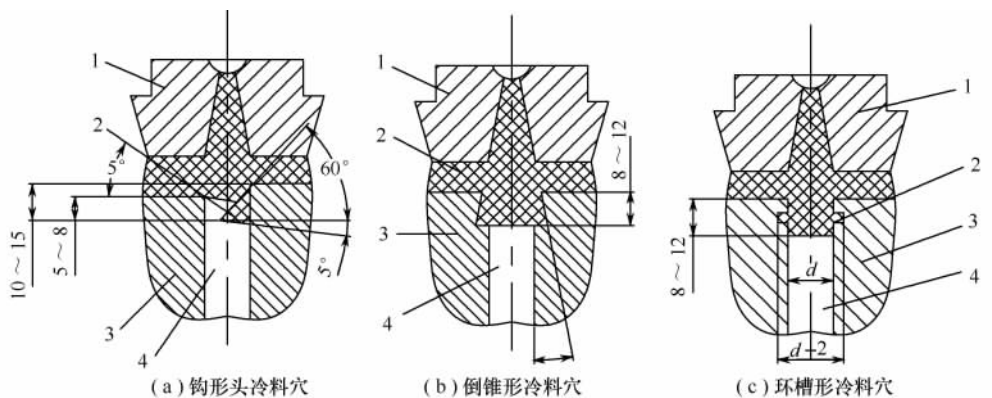


图 4-114 护耳浇口

推出机构运动,将凝料与塑件一起推出动模。

图 4-115(b)和图 4-115(c)为倒锥形冷料穴和环槽形冷料穴,其凝料推杆也都固定在推杆固定板上。开模时靠倒锥或环形凹槽起拉料作用,然后由推杆强制推出。这两种冷料穴用于弹性较好的塑料品种,由于取凝料不需要侧向移动,因此较容易实现自动化操作。



1—定模; 2—冷料穴; 3—动模; 4—拉料杆

图 4-115 带拉料杆的冷料穴


另外,还有带球形头或菌形头拉料杆的冷料穴,如图 4-116 所示,专用于推板脱模机构中。塑料进入冷料穴后,紧包在拉料杆的球形头或菌形头上,拉料杆的底部固定在动模边的型芯固定板上,开模时将主流道凝料拉出定模,然后靠推板推顶塑件,强行将其从拉料杆上刮下脱模。这两种冷料穴和拉料杆主要用于弹性较好的塑料品种。

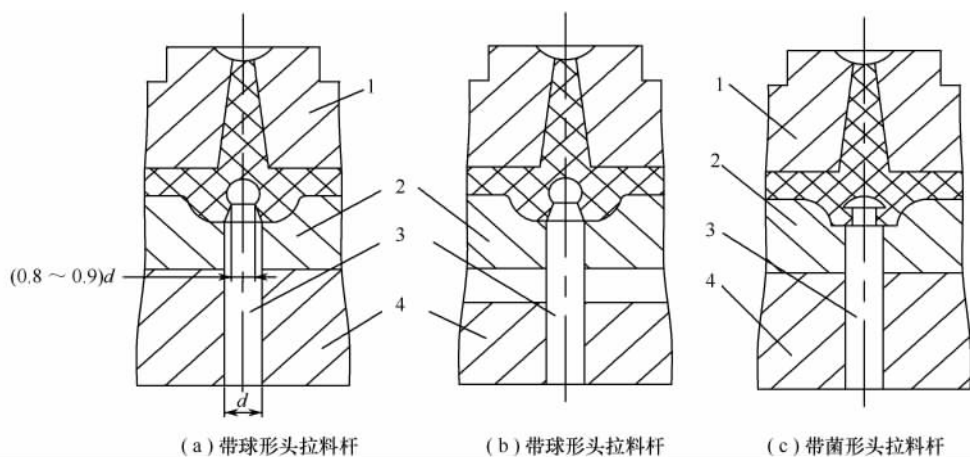
【实训操作 5】

运用 UG 软件进行肥皂盒模具浇注系统设计。

浇注系统的设计首先考虑浇口形式的选择和浇口位置的确定。原则之一是满足塑件的外观要求,不能影响塑件外观。肥皂盒有外观要求,所以不选用侧浇口而选用潜伏浇口。具体操作如下(接【实训操作 3】)。

1. 调用定位环

第 1 步:在装配导航器中把定模部分显示→单击模具工具栏中的标准件按钮.



1—定模；2—推板；3—拉料杆；4—型芯固定板
图 4-116 带球形头或菌形头拉料杆的冷料穴

第 2 步:系统弹出“标准件管理”对话框(见图 4-117)→在“目录”列表框中选择“FUTABA_MM”→在“分类”列表框中选择“Locating Ring Interchangeable”→在“TYPE”列表框中选择“M_LRC”→直径设置为“100”→厚度设置为“15”→单击“确定”按钮。

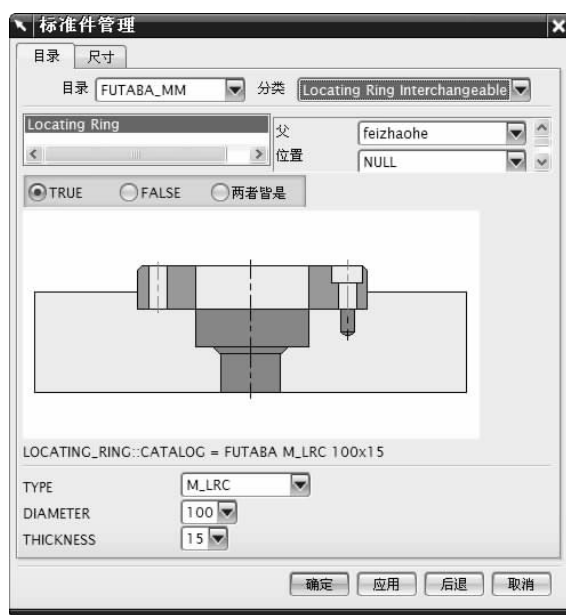



图 4-117 “标准件管理”对话框

2. 调用注口衬套

第 1 步:在装配导航器中显示定模部分→单击模具工具栏中的标准件按钮.

第 2 步:系统弹出“标准件管理”对话框→在“目录”列表框中选择“FUTABA_MM”→在“分类”列表框中选择“Sprue Bushing”→定位方式选择“重定位”,其他选项参照系统默认设置,如图 4-118 所示。

第 3 步:选择“标准件管理”对话框中的“尺寸”选项卡,将注口衬套尺寸修改为图 4-119 所示的结果,其余尺寸选择系统默认设置→单击“确定”按钮。

第 4 步:系统弹出“点”对话框(见图 4-120)→确认系统捕捉到的是坐标系原点→单击“确定”按钮。

第 5 步:系统弹出“重定位组件”对话框(见图 4-121)→单击“平移”按钮→系统弹出“变换”对话框(见图 4-122),将“DZ”设为“-5”→单击“确定”按钮→系统自动返回到“重定位组件”对话框→单击“取消”按钮→系统自动返回到“点”对话框→单击“取消”按钮。添加的注口衬套如图 4-123 所示。

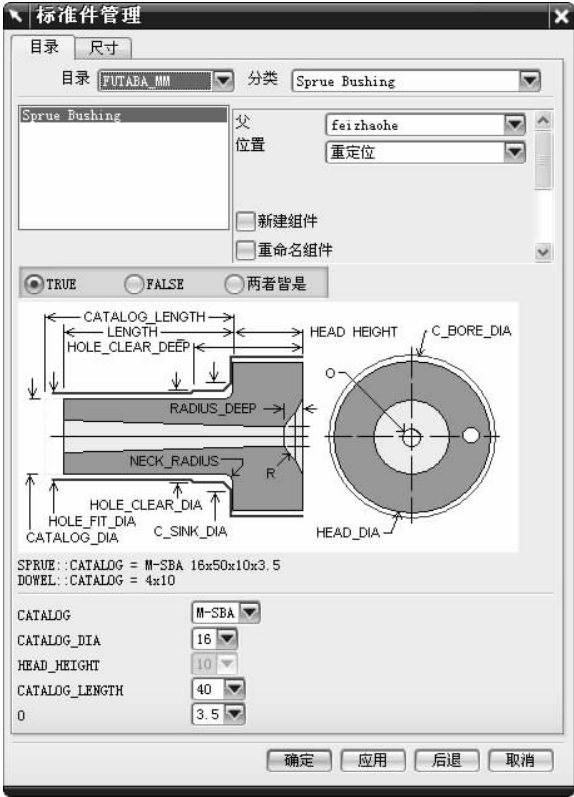


图 4-118 “标准件管理”对话框

CATALOG=M-SBA
CATALOG_DIA=16
HEAD_HEIGHT=10
CATALOG_LENGTH=80.5
0=3.5
R=11
RADIUS_DEEP=3
TAPER=1.5
MATERIAL=STD
HEAD DIA=50

图 4-119 修改注口衬套尺寸



图 4-120 “点”对话框



图 4-121 “重定位组件”对话框



图 4-122 “变换”对话框

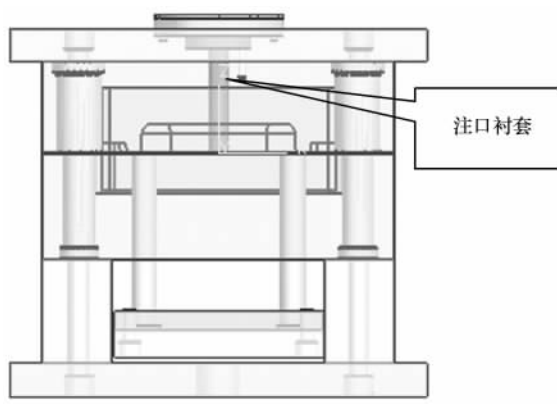



图 4-123 添加的注口衬套

3. 切减定位环和注口衬套

第 1 步: 单击  按钮→系统弹出“腔体”对话框(见图 4-124)→选择定模固定板作为切减目标, 按鼠标中键确认→将“工具类型”设置为“部件”→选择定位圈作为切减刀具, 单击“应用”按钮。

第 2 步: 选择定模固定板、型腔板、型腔作为切减目标, 按鼠标中键确认→选择注口衬套作为切减刀具, 单击“确定”按钮→在装配导航器中把定位环及注口衬套隐藏后得到如图 4-125 所示的效果。



图 4-124 “腔体”对话框

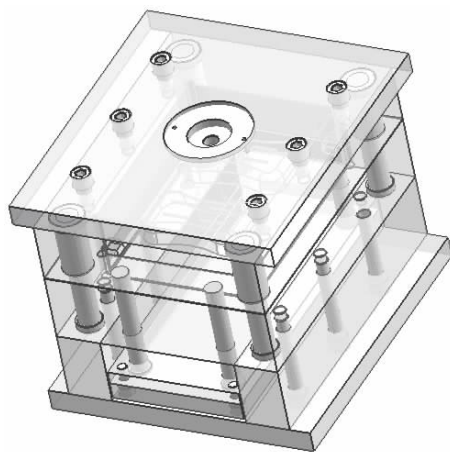




图 4-125 切减后的效果

4. 创建分流道

完成定位环和注口衬套的创建后, 接着开始设计分流道。分流道采用圆形截面, 直径为 8mm。具体步骤如下。

第 1 步: 在装配导航器中取消选中“proj_fixhalf_Q26”(把定模部分隐藏)→按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框, 把图层 8 关闭, 图层 7 打开, 只显示图 4-126 所示的动模部分。

第 2 步: 单击模具工具栏中的  按钮→系统弹出“流道设计”对话框→将对话框中的“A”值修改为“35”, “angle_rotate”修改为“90”, 如图 4-127 所示→单击“确定”按钮→单击对话框中的按钮  →把流道截面设为圆形, 直径设为“8”(见图 4-128)→单击“确定”按钮。创建的分流道如图 4-129 所示。

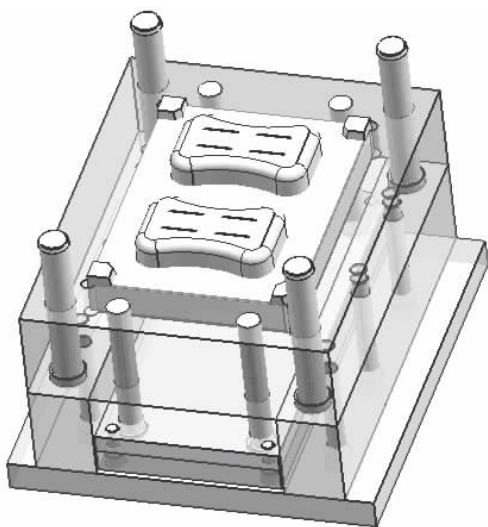


图 4-126 动模部分



图 4-127 “流道设计”对话框



图 4-128 设置流道截面与直径

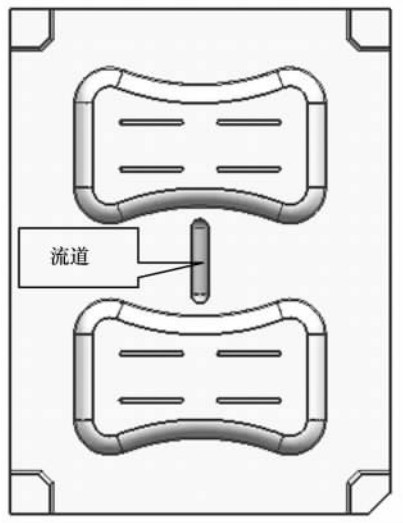



图 4-129 创建的分流道

第 3 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 8 打开。

第 4 步:单击腔体按钮  → 系统弹出“腔体”对话框 → 选择型腔、型芯、注口衬套作为切减目标,按鼠标中键确认 → 将“工具类型”设置为“部件” → 选择分流道作为切减刀具,单击“确定”按钮。

5. 创建浇口

分流道创建好以后,要创建浇口,这里采用手工创建浇口。具体步骤如下。

第 1 步:通过装配导航器以及图层管理,只显示定模部分,如图 4-130 所示。

第 2 步:单击“插入”菜单 → 选择“基准/点” → 单击“基准平面” → 系统弹出“基准平面”对话框,“类型”选择“YC-ZC 平面” → 单击“应用”按钮,如图 4-131 所示。

第 3 步:“类型”选择“XC-ZC 平面” → 单击“确定”按钮。

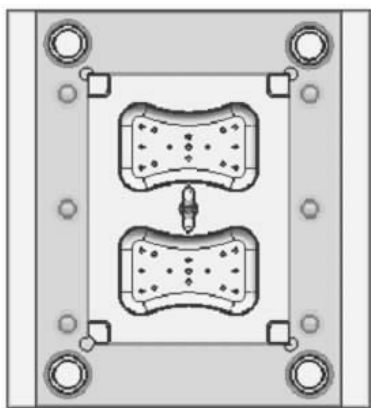


图 4-130 只显示定模部分



图 4-131 “基准平面”对话框

第 4 步:单击“回转”按钮  →在“YC—ZC”基准平面上创建一个如图 4-132 所示的圆锥形回转体。

第 5 步:单击“插入”菜单→选择“关联复制”→单击“镜像体”→系统弹出“镜像体”对话框(见图 4-133)→选择前面创建的圆锥形回转体→按鼠标中键确认→选择“XC—ZC”基准平面→单击“确定”按钮,得到图 4-134 所示的两个回转体。

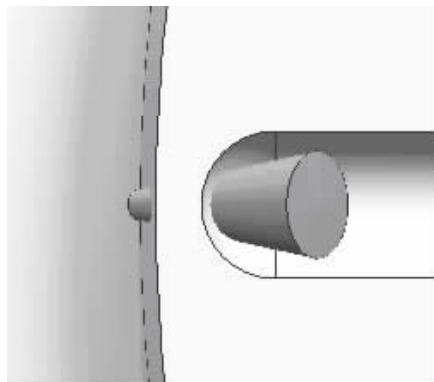



图 4-132 创建的回转体



图 4-133 “镜像体”对话框

第 6 步:单击“求差”按钮  →系统弹出“求差”对话框→选择型腔作为“目标”→选择两个锥形回转体作为“刀具”→取消选中“保持工具”→单击“确定”按钮。

第 7 步:单击“边圆角”按钮,在两浇口与分流道相交处倒 R2 的圆角。创建好的浇口如图 4-135 所示。

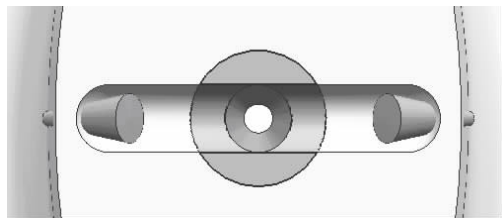


图 4-134 镜像后的回转体

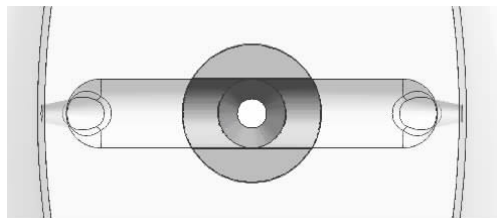


图 4-135 创建好的浇口

七、合模导向机构的设计

合模导向机构的功能是保证定模和动模部分能够准确对合,使分别安装在定模和动模上的成型零件在模具闭合后形成形状和尺寸准确的模具型腔,从而保证塑件形状、壁厚和尺寸的准确性。

合模导向机构主要有导柱导向装置和锥面定位装置。导柱导向装置的主要零件是导柱和导套,有的不用导套而是在模板上镗孔代替导套,称为导向孔。一般在标准模架中已经设置好了相应的导柱和导套,无须重新设计制造。导柱导向装置如图 4-136 所示。

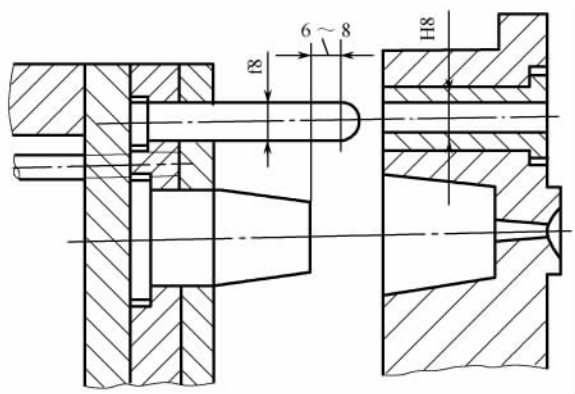


图 4-136 导柱导向装置

（一）导向装置的作用

导向装置主要有如下作用：

① 导向作用。上模和下模合模时,首先是导向零件接触,引导上、下模准确合模,避免因凸模或型芯率先进入型腔而造成成型零件的损坏。

② 定位作用。避免模具合模时认错方位而损坏模具,尤其是对于形状不对称的模具型腔,合模定位销可以保证模具在合模时定位准确。

③ 承受一定的侧压力。塑料注入型腔过程中会产生单向侧面压力,或由于成型设备制造精度的限制,使导柱在工作中承受一定的侧压力。如果侧压力较大,则不能完全由导柱来承担,需要增设锥面定位装置。

（二）导向机构的设计原则

导柱导套式导向机构的设计主要考虑以下原则：

① 导向零件应合理地均匀分布在模具的周围或靠近边缘的部位,其中心至模具边缘应有足够的距离,以保证模具的强度,防止装配导柱和导套时模具发生变形。

② 根据模具的形状和大小,一副模具一般需要 2~4 个导柱。对于小模具,通常只用两个直径相同且对称分布的导柱,如图 4-137(a)所示。如果模具的凸模与凹模合模时有方位要求,则用两个直径不同的导柱,如图 4-137(b)所示。对于大中型模具,为了简化加工工艺,可以采用 3 个或 4 个直径相同的导柱,但其分布不对称,如图 4-137(c)所示;或导柱位置对称,但中心距不同,如图 4-137(d)所示;此时若模具合模有方位要求,则可用直径不同的 4 个导柱对称布置,如图 4-137(e)所示。

③ 导柱可以设置在定模,也可以设置在动模。在不妨碍脱模的条件下,导柱通常设置在

型芯高出分型面的一侧,以保护型芯。

④ 各导向零件的轴线应保证平行,否则将影响合模的准确性,甚至损坏导向零件。

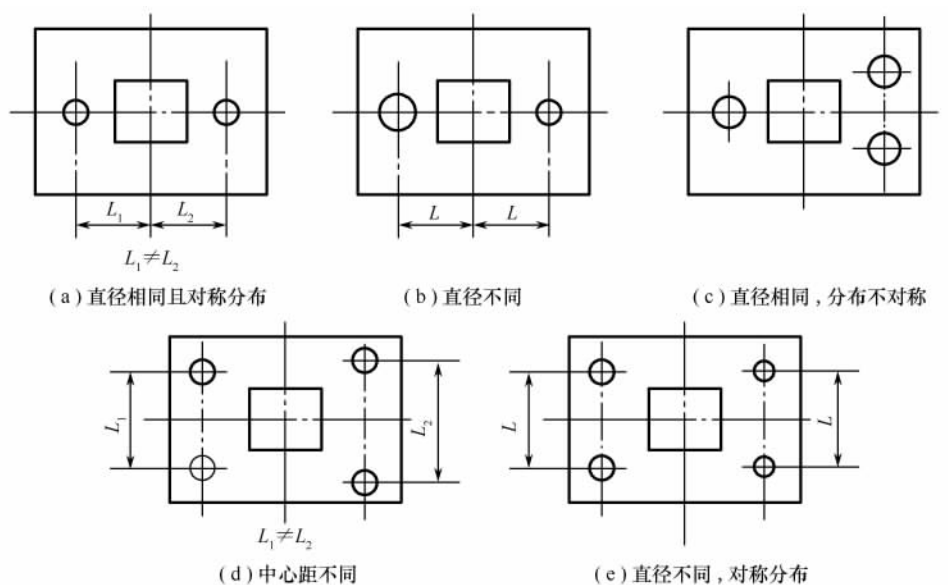


图 4-137 导柱布置形式

(三) 导柱的结构

导柱的结构形式要依据模具的结构、大小及塑件的生产批量确定。目前在生产中常用的结构有以下两种。

1. 台阶式导柱

注射模用标准台阶式导柱有带头式和有肩式两类。当小批量生产且模具较简单时,可以使用带头导柱直接与模板导向孔配合,而不需要导套,如图 4-138(a)所示;必要时也可以配合使用导套,如图 4-138(b)所示。有肩导柱一般与导套配合使用,如图 4-138(c)所示。导套安装孔与导柱安装孔要采用同一直径,这样不但便于两孔的加工,而且容易保证两孔的同轴度。如果导柱固定板较薄,可以采用如图 4-138(d)所示的有肩导柱,它的特点是在两块模板上都有固定部分。

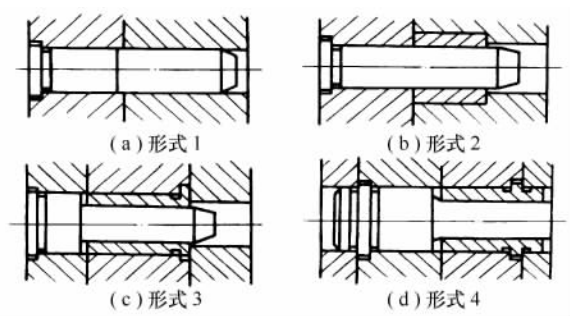


图 4-138 台阶式导柱

2. 铆接式导柱

如图 4-139 所示为铆接式导柱。其中,图 4-139(a)所示的结构简单,但稳定性差;图 4-139

(b)和图 4-139(c)中将导柱沉入模板一定深度,以增强稳定性。铆接式导柱方便易行,主要用于小型简单的移动式模具。

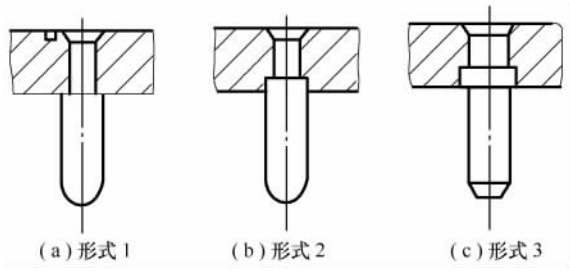


图 4-139 铆接式导柱

(四) 导套和导向孔的结构

1. 导套

注射模用标准导套有直导套和带头导套两大类。它的固定方式如图 4-140 所示。其中,图 4-140(a)、图 4-140(b)和图 4-140(c)是直导套的固定方式,特点是结构简单、制造方便,多用于小型简单模具;图 4-140(d)是带头导套的固定方式,它的结构复杂,制造困难,多用于有较高精度要求的大型模具。为防止导套被拔出,导套头部的安装方法可参考图 4-140(c),也可参考图 4-140(d)在导套头部加盖板。导套的导向内孔里,根据需要可以开设油槽,以便润滑。

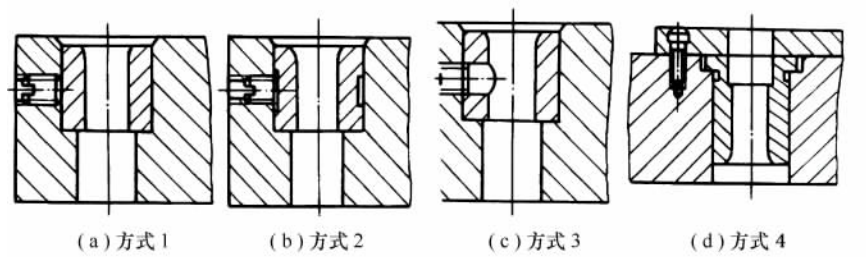


图 4-140 导套的固定方式

2. 导向孔

导向孔直接加工在模板上,一般用于小批量生产的简单模具。导向孔要设计成通孔,以便合模过程中导柱进入导向孔时排除孔内气体。若必须设计成盲孔,则要增设排气和排除误入废料的结构和装置。如果导向孔较长,可以只留出必要的配合长度,其余部分扩孔以减少精加工面。

(五) 锥面定位装置

当注射成型过程中有较大的侧向压力时,为防止产生较大的合模误差,模具内要增设锥面定位装置,如图 4-141 所示。其中,图 4-141(a)所示为型腔模板环抱型芯模板的结构,成型时在型腔内塑料压力的作用下,型腔侧壁会向外张开,使对合锥面出现间隙。而图 4-141(b)所示是型芯模板环抱型腔模板的结构,成型时会使得对合锥面贴合得更紧,所以该结构较为合理。

八、推出机构的设计

在注射成型的每一个循环中,都必须使塑件从模具型腔中或型芯上脱出,模具中这种脱出塑件的机构称为推出机构(又称脱模机构)。推出机构完成推出、取出塑件两个动作,即首先将

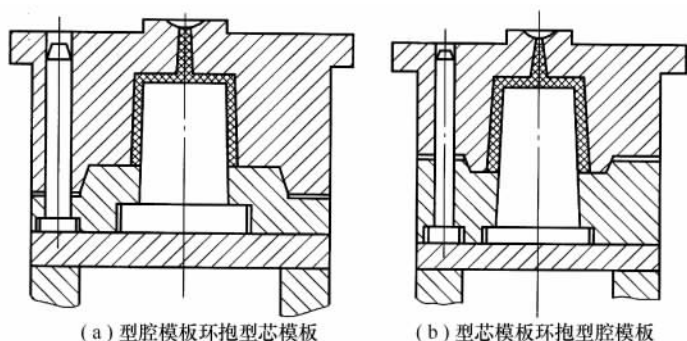


图 4-141 锥面定位装置

塑件和浇注系统凝料与模具分离(即脱出),然后将脱出物件从模具内取出。

(一) 推出机构的分类

推出机构按照驱动方式分类有手动推出机构、机动推出机构、液压或气动推出机构。手动推出机构是指当模具分型后,用人工操作推出机构的方法取出塑件。该方法简单易行,对制品损伤小,但工人劳动强度大,生产效率低,不适用于大批量生产。机动推出机构的原理是利用注射机的开模力,推出机构把随动模一起移动的塑件自动顶出型腔。该方法生产效率高,工人劳动强度低,但一般会在塑件上留下痕迹,目前应用较普遍。液压或气动推出机构利用专用的液压或气动装置产生脱模力,将塑件推出或吹出型腔。该方法质量好,效率高,但需要专门的液压或气动系统设备,成本较大。

推出机构按照模具结构分类有简单推出机构、二级推出机构和双向推出机构等。

(二) 推出机构的设计原则

① 推出机构的运动要准确、可靠,无卡滞等现象,机构本身要有足够的强度和刚度来承受脱模阻力的作用。

② 一般情况下,设计模具时应保证开模后塑件留在动模一侧,因为这样可以简化推出机构。

③ 要保证在推出过程中塑件不变形,这是对推出机构的基本要求。设计时脱模力的分布要尽量靠近型芯,作用面积要尽可能大,以防止塑件变形或损坏。一般可以将脱模力作用在加强肋、凸缘、厚壁等不易变形处。脱模力的大小要考虑塑件对模具黏附力的大小及分布、塑件形状及表面粗糙度等因素。

④ 若推出部位需要设在塑件的使用或装配基准面上,为了不影响塑件尺寸和使用,一般应使推杆与塑件接触部位凹进塑件 0.1mm 左右,而且推杆端面应高于基准面,否则塑件表面会出现凸起,影响基准面的平整和外观。

(三) 脱模力的计算

注射成型后,塑件在模具型腔内冷却过程中由于体积收缩,对型芯产生包紧力,塑件出模时必须克服因包紧力而产生的摩擦力。脱模力是指将塑件从型芯上脱出时所要克服的阻力,是设计推出机构的主要依据之一。一般来说,开始脱模时的瞬间所要克服的阻力最大,脱模所需的脱模力最大。

当塑件包紧型芯时,型芯受力情况如图 4-142 所示。因为型芯一般有一定的脱模斜度,故在一定的脱模力的作用下,塑件对型芯的正压力降低了,此时摩擦力为

$$F_{\text{摩}} = f(F_{\text{正}} - F_{\text{脱}} \sin \alpha) \quad (4-24)$$

式中, $F_{\text{摩}}$ ——摩擦阻力(N);

f ——摩擦系数,一般取 0.15~1.0;

$F_{\text{正}}$ ——正压力(N);

$F_{\text{脱}}$ ——脱模力(N);

α ——型芯斜度,一般取 $1^\circ \sim 2^\circ$ 。

根据受力图列出平衡方程:

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{\text{摩}} \cos \alpha - F_{\text{脱}} - F_{\text{正}} \sin \alpha = 0$$

$$f(F_{\text{正}} - F_{\text{脱}} \sin \alpha) \cos \alpha = F_{\text{脱}} + F_{\text{正}} \sin \alpha$$

$$F_{\text{脱}} = \frac{F_{\text{正}} \cos \alpha (f - \tan \alpha)}{1 + f \sin \alpha \cos \alpha} \quad (4-25)$$

故
而

$$F_{\text{正}} = Ps$$

式中, P ——塑件包紧型芯产生的单位正压力(MPa),
一般为 10~20MPa,薄壁件取小值,厚壁
件取大值;

s ——塑件包紧型芯的侧面积(cm^2)。

所以

$$F_{\text{脱}} = \frac{Ps \cos \alpha (f - \tan \alpha)}{1 + f \sin \alpha \cos \alpha} \quad (4-26)$$

(四) 简单推出机构

简单推出机构又称一次推出机构,即通过一次动作就可以将塑件脱出模具。这类推出机构应用最广泛,主要有以下三种。

1. 推杆推出机构

(1) 工作原理

推杆推出机构是最典型的简单推出机构,如图 4-143 所示。它是由推杆 1、推杆固定板 2、推杆垫板 5、拉料杆 6、支撑钉 8 和复位杆 7 等组成的。推杆、拉料杆、复位杆都安装在推杆固定板上,并用螺钉将推杆固定板和推杆垫板连接成一个整体。当模具分开到一定距离时,注射机上的顶杆将模具的推出机构挡住,使其停止,而动模还在继续移动,这样塑件就连同浇注系统一起被推杆从动模中推出。合模时,复位杆首先与定模分型面相接触,使推出机构与动模产生相反方向的移动,当模具完全闭合后,推出机构便回到了初始位置,支撑钉保证了最终停止位置。

(2) 推杆设计要点

① 推杆应设置在脱模阻力大的地方。如图 4-144(a)所示,壳或盖类塑件的侧面阻力最大,推杆应设在端面或靠近侧壁的部位,但也不应和型芯(或嵌件)距离太近,以免影响凸模或凹模的强度。当塑件各处脱模阻力相同时,推杆应均衡布置,使塑件脱模时受力均匀,以防止变形。如图 4-144(b)所示,塑件局部带凸台或肋,推杆通常设在凸台或肋的底部。推杆不宜设在塑件壁薄处,若结构需要顶在薄壁处,可增大推出面积以改善塑件受力状况,图 4-144(c)采用推出盘的形式。当塑件上不允许有推出痕迹时,可采用推出耳的形式,如图 4-144(d)所示,脱模后将推出耳剪掉。

② 推杆应有足够的强度和刚度承受推出力,以免推杆在推出时弯曲或折断。推杆直径可

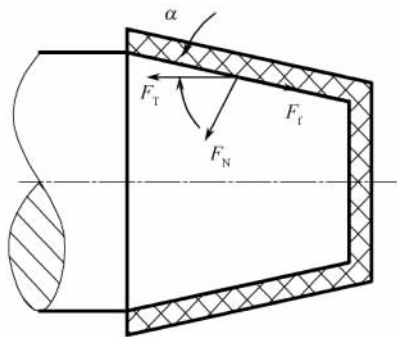
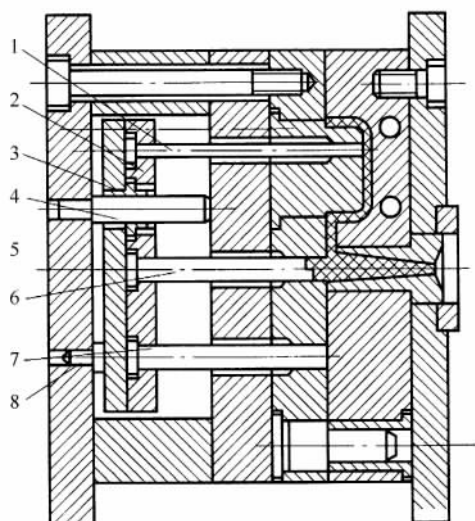


图 4-142 型芯受力情况



1—推杆；2—推杆固定板；3—推板导套；4—推板导柱；
5—推杆垫板；6—拉料杆；7—复位杆；8—支撑钉

图 4-143 推杆推出机构

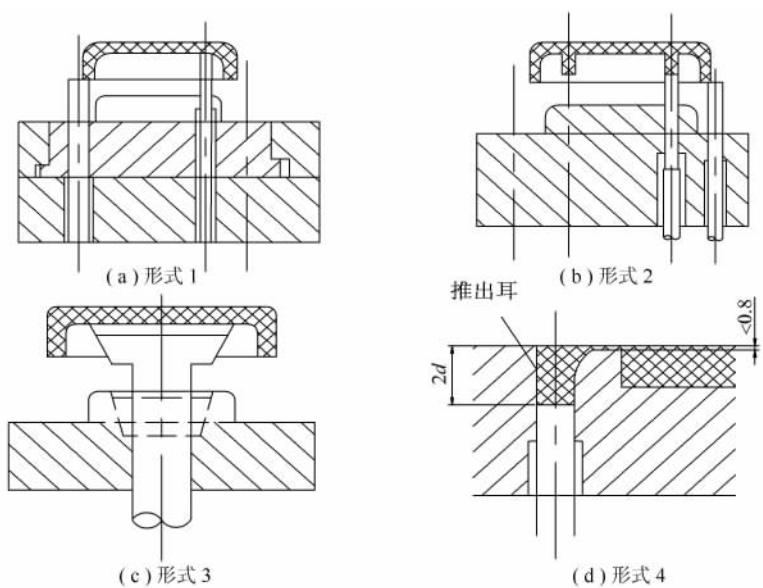


图 4-144 推杆的设置

由计算得出,通常取 $2.5 \sim 12\text{mm}$,直径小于 3mm 的细长推杆应做成下部加粗的阶梯形。推杆的常用截面形状如图 4-145 所示,圆形截面是最常用的形式。标准圆形截面推杆的结构如图 4-146 所示。

③ 推杆端面应和型腔在同一平面或比型腔的平面高出 $0.05 \sim 0.10\text{mm}$,且不应有轴向窜动。推杆与推杆孔配合一般为 $H8/f8$ 或 $H9/f9$,其配合间隙不大于所用塑料的溢料间隙,以免产生飞边。

④ 对于开有冷却水道的模具,应避免推杆穿过冷却水道,否则会出现漏水现象。设计时,先设计冷却系统,再设计推出机构,并与冷却水道保持一定距离,以保证加工。

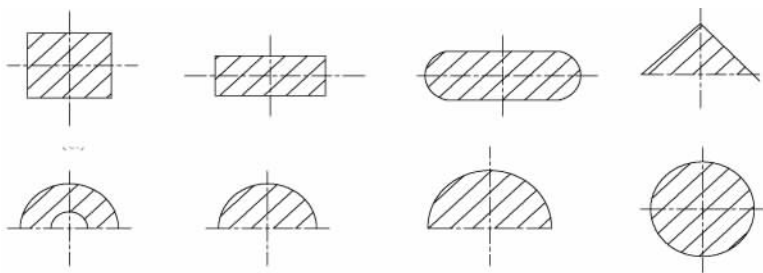


图 4-145 推杆的常用截面形状

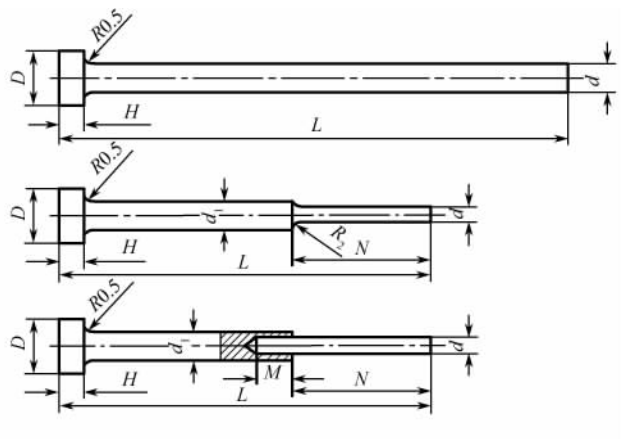


图 4-146 标准圆形截面推杆的结构

⑤ 推杆的固定形式如图 4-147 所示。图 4-147(a)是最常用的推杆固定形式,可用于各种带台肩形式的推杆;图 4-147(b)为了加工方便,利用垫块或垫圈来代替固定板上的沉孔;图 4-147(c)在固定板较厚时,利用螺塞挤紧推杆;图 4-147(d)用螺钉来固定粗大的推杆。

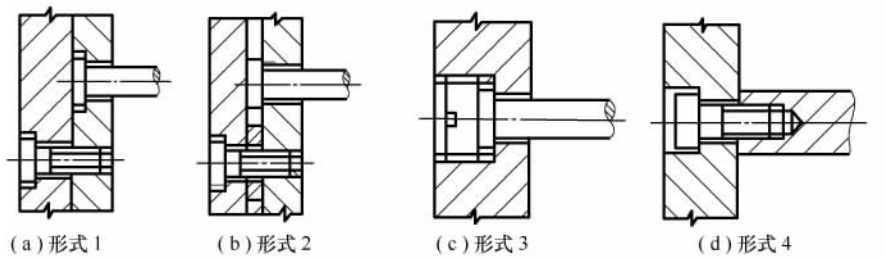


图 4-147 推杆的固定形式

2. 推管推出机构

推管推出机构常用于圆筒形薄壁塑件的脱模,它的特点是脱模力分布均匀,型腔和型芯都在动模一侧,可保证较好的外圆与内孔的同轴度。推管在推出位置与型芯应有 8~10mm 的配合长度,推管壁厚要在 1.5mm 以上。主型芯和凹模可同时设计在动模一侧,以利于提高塑件的同轴度。但壁过薄的塑件(壁厚小于 1.5mm),推管加工困难且易损坏,不宜采用推管推出。

如图 4-148 所示为常见的推管推出机构。图 4-148(a)为型芯固定在模具底板上,该结构简单可靠,但推管和型芯较长,适用于脱模力较小的中小模具。图 4-148(b)用方销将型芯固定在动模板上,推管在方销的位置上开槽,可以减小型芯的长度。图 4-148(c)为推管在模板内

滑动形式,可使推管和型芯都较短,但模板厚度增大。

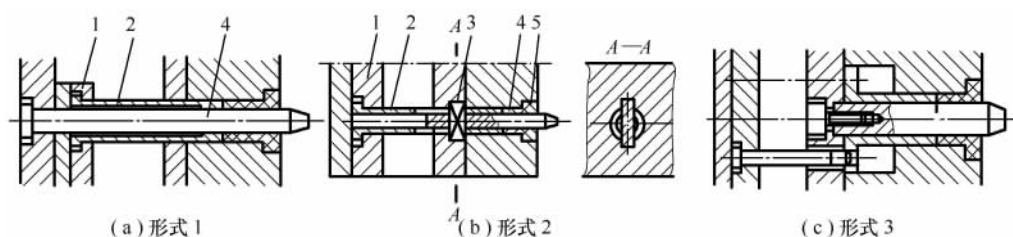


图 4-148 常见的推管推出机构

推管的配合如图 4-149 所示,内径与型芯配合,小直径推管取 H8/f8 配合,大直径推管取 H7/f6 配合。推管与型芯的配合长度比推出行程 S 长 $3 \sim 5$ mm,推管与模板的配合长度一般为 $(0.8 \sim 2)D$;其余部分扩孔,推管扩孔 $d+0.5$,模板扩孔 $D+1$ 。

3. 推件板推出机构

推件板推出机构利用推件板在分型面处从壳体塑件的整个周边推出,推出力大且均匀,对侧壁脱模阻力较大的薄壁箱体或圆筒形制品,推出后在外观上几乎没有痕迹。推件板推出机构的常见结构如图 4-150 所示。图 4-150(a)中,推件板与推杆采用螺纹连接,以防止推件板在推出过程中脱落;图 4-150(b)中,推件板与推杆无固定连接,故要求导柱足够长,而且要严格控制脱模行程,以防止推板脱落;图 4-150(c)所示结构适用于两侧都有顶出杆的注射机,模具结构简单,但推件板要适当加大和加厚。

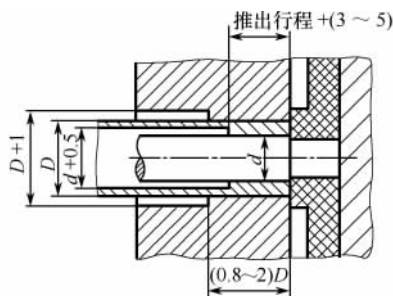
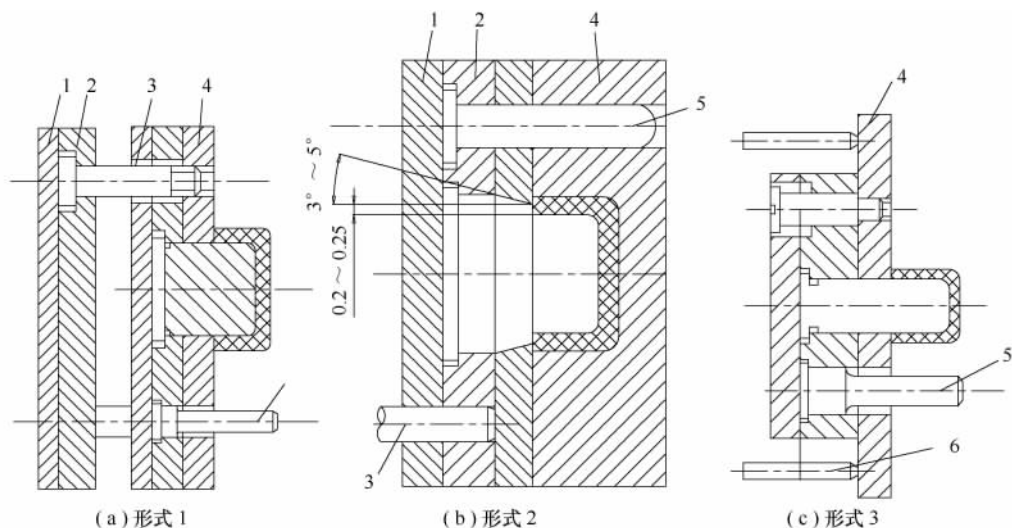


图 4-149 推管的配合

为减少脱模过程中推件板与型芯之间的摩擦,两者之间要留有 $0.2 \sim 0.25$ mm 的间隙,并采用锥面配合,以防止推件板偏斜溢料,锥面的斜度为 $3^\circ \sim 5^\circ$ 。



1—推板; 2—推杆固定板; 3—推杆; 4—推件板; 5—导柱; 6—注射机顶柱

图 4-150 推件板推出机构的常见结构

(五)其他推出机构

1. 活动镶块及凹模推出机构

某些塑件因结构和材料等关系,不适宜采用上述脱模机构,可利用成型镶件或型腔带出塑件,使之脱模。图 4-151(a)利用螺纹型环作为推出零件;图 4-151(b)利用活动成型镶件推出塑件,推杆推出型芯镶件,塑件取出后,推杆带动镶件复位;图 4-151(c)利用型腔带出塑件,型腔推出塑件后,人工取出塑件,该结构适用于软质塑料,但型腔数目不宜过多,以免取件困难。

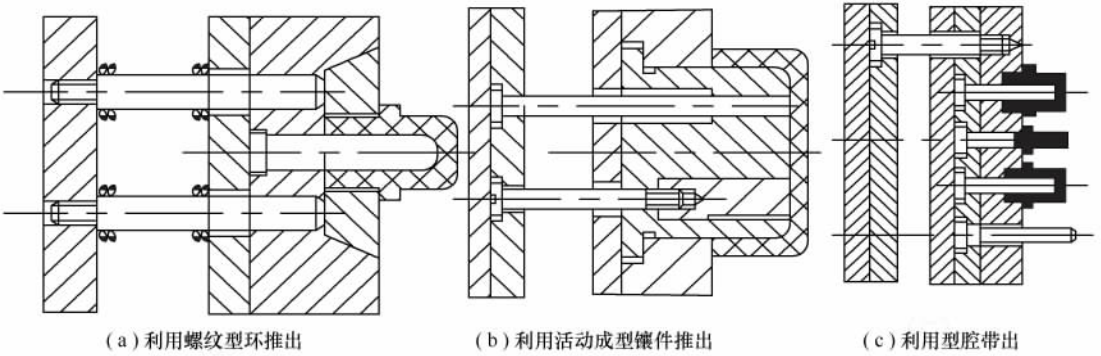


图 4-151 利用成型件推出的脱模机构

2. 多元件综合脱模机构

某些深腔壳体、薄壁塑件及带有局部环状凸起、凸肋或金属嵌件的复杂塑件,用单一的脱模方式,不能保证塑件顺利脱出,需要采用两种以上的多元件联合推出方式。如图 4-152 所示为推杆、推管与推板三种元件联合使用的多元件综合脱模机构。

3. 气压脱模机构

如图 4-153 所示是用于深腔塑件及软性塑件的气压脱模机构,加工简单,但必须设置气路和气门等。塑件固化后开模,通入 $0.1 \sim 0.4 \text{ MPa}$ 的压缩空气,将阀门打开,空气进入型芯与塑件之间,使塑件脱模。

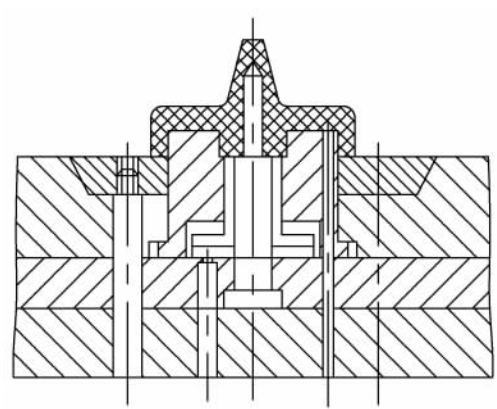
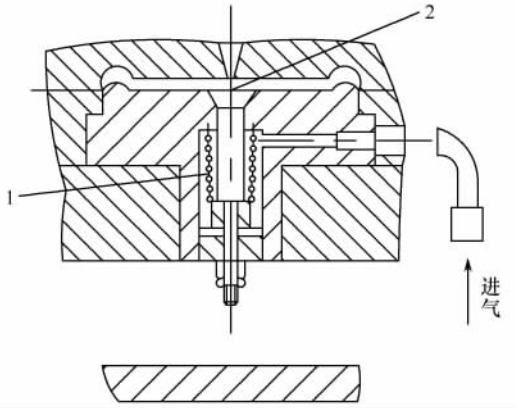


图 4-152 多元件综合脱模机构



1—弹簧; 2—阀杆

图 4-153 气压脱模机构

(六) 推出机构的导向和复位

为了保证推出机构在工作过程中灵活、平稳,每次合模后推出元件能回到原来的位置,通常还需要设计推出机构的导向与复位装置。

1. 导向零件

推出机构的导向零件,通常由推板导柱与推板导套组成,简单的小模具也可由推板导柱直接与推板上的导向孔组成。导向零件使各推出元件得以保持一定的配合间隙,从而保证推出和复位动作顺利进行。有的导向零件在导向的同时还起支撑作用。常用的导向形式如图 4-154 所示。图 4-154(a)为推板导柱固定在支撑板上的结构,且推板导柱直接与模板上的导向孔相配合,推板导柱也不起支撑作用,这种形式适用于生产较小批量的小型塑料模具。图 4-154(b)为推板导柱两端固定的形式。图 4-154(c)中推板导柱固定在支撑板上。图 4-154(b)和图 4-154(c)均为推板导柱与推板导套相配合的形式,而且推板导柱除了起导向作用外,还支撑着动模支撑板,从而改善了支撑板的受力状况,大大提高了支撑板的刚性。当模具较大时,最好采用图 4-154(b)和图 4-154(c)所示的结构。推板导柱的数量根据模具的大小而定,至少要设置两根,大型模具需要 4 根。

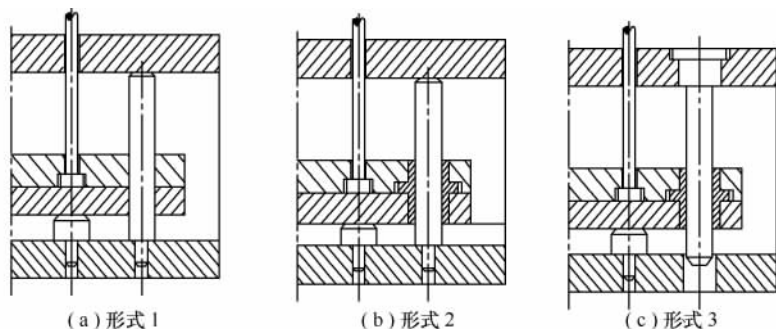


图 4-154 常用的导向形式

2. 复位零件

(1) 复位杆复位

为了使推出元件合模后能回到原来的位置,推杆固定板上同时装有复位杆。常用的复位杆均采用圆形截面,一般每副模具设置 4 根复位杆,其位置尽量设在推杆固定板的四周,以便推出机构合模时复位平稳,复位杆端面与所在动模分型面平齐。推出机构推出后,复位杆便高出分型面(其高度即为推出距离)。复位杆复位作用是利用合模动作来完成的。合模时,复位杆先于动模分型面与定模分型面接触,在动模和定模逐渐合拢的过程中,推出机构便被复位杆顶住,从而与动模产生相对移动,直至分型面合拢时,推出机构便回到原来的位置,这种结构合模和复位同时完成。对于推件板推出机构来说,由于推杆端面与推件板接触,可以起到复位杆的作用,故在推件板推出机构中,不必另行设置复位杆。另外,在塑料几何形状和模具结构允许的条件下,可利用推杆兼做复位杆,即推杆端面的一部分与塑料接触做推杆用,另一部分做复位杆用。

(2) 弹簧复位

弹簧复位是利用弹簧的弹力使推出机构复位。弹簧复位与复位杆复位的主要区别是:用弹簧复位时,推出机构的复位先于合模动作完成。所以,通常为了便于活动镶件的安放而采用弹簧复位机构。合模一定距离后,在弹簧力的作用下,推出机构先复位,然后安放活动螺纹型环,最后动模和定模合拢。为了避免工作时弹簧扭斜,可将弹簧装在推杆或推板导柱上。


【实训操作 6】

运用 UG 软件进行肥皂盒模具推出机构设计。



如前所述,肥皂盒模具采用推杆推出机构。在【实训操作 4】的基础上进行推出机构设计操作,具体步骤如下。

1. 创建拉料杆

第 1 步:通过装配导航器以及图层管理,只显示动模部分。

第 2 步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框→在“分类”列表框中选择“Ejector Pin”→“CATALOG_DIA”设为“6.0”,“CATALOG_LENGTH”设为“150”,“HEAD_TYPE”设为“3”→单击“确定”按钮,如图 4-155 所示。

第 3 步:系统自动弹出“点”对话框(见图 4-156)→确认系统捕捉到坐标原点→单击“确定”按钮→单击“取消”按钮。

第 4 步:单击  顶杆后处理 按钮→系统弹出“顶杆后处理”对话框→选择拉料顶杆作为目标体→单击  按钮(见图 4-157)。

第 5 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 28 打开,显示型腔分型面。

第 6 步:“修剪曲面”选择“选择片体”→选择型腔分型面→单击“确定”按钮。

第 7 步:在装配导航器中双击拉料顶杆,把拉料顶杆作为工作部件。

第 8 步:单击“拉伸”按钮→把拉料推杆头部切减成图 4-158 所示的形状。

第 9 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 28 关闭。

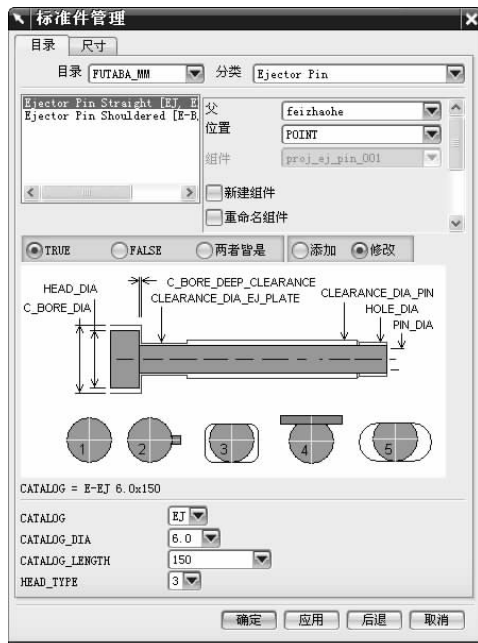


图 4-155 “标准件管理”对话框



图 4-156 “点”对话框

2. 创建顶杆

第 1 步:在装配导航器中双击“feizhaohe”,把其作为工作部件。

第5步:系统自动弹出“点”对话框(见图4-160)→“XC”、“YC”分别设为“41”、“-73”→单击“确定”按钮→按图4-161中的表格输入坐标值,创建相应的推杆。创建的推杆如图4-162所示。

序号	编号	尺寸	X	Y
1	A1	圆顶针 $\varnothing 6$	41.0	-73.0
2	A2	圆顶针 $\varnothing 6$	-41.0	-73.0
3	A3	圆顶针 $\varnothing 6$	41.0	-55.0
4	A4	圆顶针 $\varnothing 6$	0.0	-55.0
5	A5	圆顶针 $\varnothing 6$	-41.0	-55.0
6	A6	圆顶针 $\varnothing 6$	41.0	-37.0
7	A7	圆顶针 $\varnothing 6$	-41.0	-37.0
8	A8	圆顶针 $\varnothing 6$	0.0	0.0
9	A9	圆顶针 $\varnothing 6$	41.0	37.0
10	A10	圆顶针 $\varnothing 6$	-41.0	37.0
11	A11	圆顶针 $\varnothing 6$	41.0	55.0
12	A12	圆顶针 $\varnothing 6$	0.0	55.0
13	A13	圆顶针 $\varnothing 6$	-41.0	55.0
14	A14	圆顶针 $\varnothing 6$	41.0	73.0
15	A15	圆顶针 $\varnothing 6$	-41.0	73.0

图 4-161 推杆坐标系表

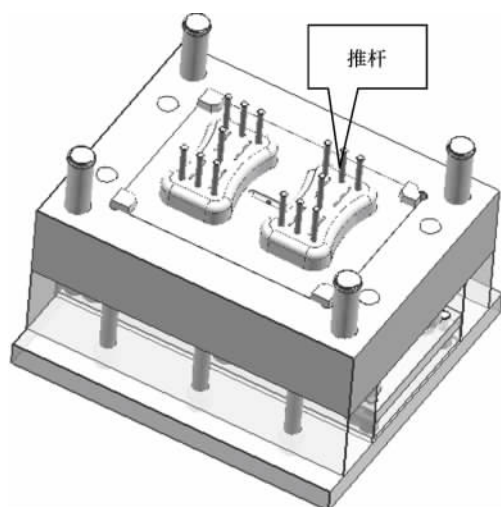


图 4-162 创建的推杆

第6步:单击 按钮→系统弹出“顶杆后处理”对话框→选择所有推杆作为目标体→单击 按钮。

第7步:按Ctrl+L快捷键打开“图层设置”对话框,把图层27打开,显示前面抽取的型芯面。

第8步:“修剪曲面”选择“选择片体”→选择型芯面→单击“确定”按钮。处理后的推杆如图4-163所示。

3. 切减顶杆避空位

单击模具工具栏中的 按钮→系统弹出“腔体”对话框(见图4-164)→选择型芯、动模板、推杆面板作为“目标”→选择所有推杆作为“刀具”→单击“确定”按钮。切减推杆避空位后的零件效果图如图4-165所示。

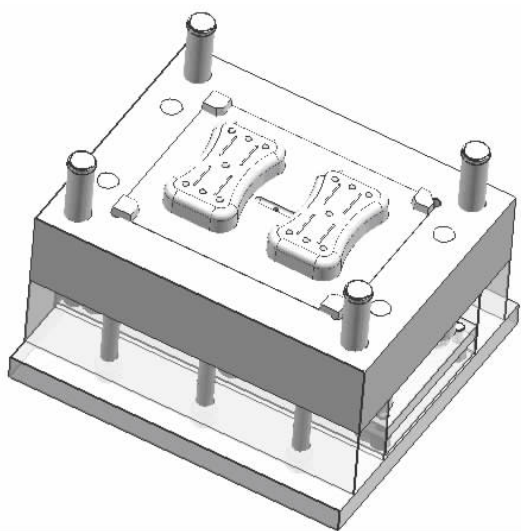


图 4-163 处理后的推杆



图 4-164 “腔体”对话框

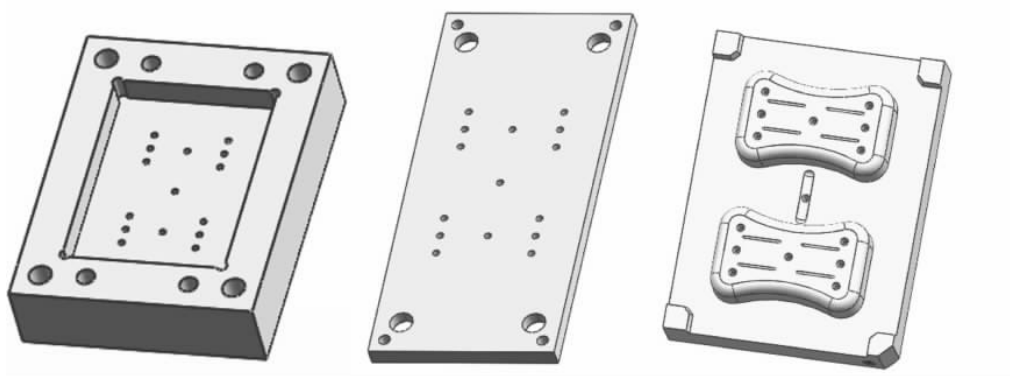


图 4-165 切减推杆避空位后的零件效果图

九、注射模具冷却系统设计

(一) 冷却系统概述

在注射过程中,模具温度直接影响塑件的质量和生产效率。由于各种塑料的性能和成型工艺要求不同,模具温度也不同,冷却系统设计就是为了保证塑件质量,减少塑件变形,缩短工艺时间。冷却系统设计在大型模具中尤为重要,它已成为大型模具设计的三大核心内容之一。

冷却系统对制品质量的影响具体如下:

- ① 模具温度波动会导致制品收缩率变化,从而降低制品尺寸精度。
- ② 模具型腔、型芯温度差过大,制品收缩不均,导致制品弯曲、变形。
- ③ 模具温度过高,导致制品脱出后发生变形,并使其形状、尺寸精度降低。
- ④ 模具温度过低,导致塑料熔体的流动性降低,使制品轮廓不清,甚至充模不满,或在充模过程中产生明显的熔接痕,使制品的力学性能下降。
- ⑤ 低温充模时,如果流体速度不高,则制品的内应力增大,容易引起制品的翘曲变形或应力开裂,特别是一些高黏度的塑料。

塑料品种不同,则对于模具的温度要求也不同。总的要求是:使模具温度达到适宜制品成型的工艺条件要求,能通过温控系统的调节,使模腔各个部位上的温度基本相同;在较长时间内,即在生产过程中的每个成型周期中,模具温度应均衡一致。

(二) 冷却系统计算

注塑成型时,模具型腔内熔体温度一般为 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$,为了使熔体快速冷却成型,必须将模具温度冷却至 60°C 左右才能取出制品。为了缩短成型周期,需要对模具进行冷却。

实验证明,塑料带给模具的热量中,约 5% 由辐射、对流扩散到大气中,95% 由冷却介质带走。冷却系统的计算就是计算冷却系统的管路直径和管路长度等。现在由于 CAE 的应用,使冷却系统的设计变得更加简便和直观。

1. 冷却时间

冷却时间单位为 s,按以下经验公式计算:

$$\tau_1 = \frac{0.405}{\alpha} \left(\frac{\delta}{2} \right)^2 \left(\ln 1.27 - \ln \frac{t_1 - t_2}{t_3 - t_2} \right) \quad (4-27)$$

式中, α —— 温度传导系数 (m^2/s), 如表 4-1 所示;

δ —— 制品厚度 (m);

t_1 ——开模时制品壁部中心区的温度(一般取比 t_2 大 $8\sim 25^{\circ}\text{C}$,小值用于软质塑料,大值用于硬质塑料。玻璃增强塑料可取比 t_2 大 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$);

t_3 ——成型表面在注塑周期内的平均温度($^{\circ}\text{C}$);

t_3 ——制品初始温度($^{\circ}\text{C}$),等于熔融料注入模具中的温度,如表 4-1 所示。

表 4-1 材料的部分物理和工艺参数(计算温度调节系统时用)

	材 料	密度 $\rho \times 10^{-3}$ /(kg/m^3)	热导率 λ /[$\text{W}/(\text{m} \cdot$ $^{\circ}\text{C})$]	比热容 $c \times 10^{-3}$ /[$\text{J}/(\text{kg} \cdot$ $^{\circ}\text{C})$]	温度传 导系数 $\alpha \times 10^7$ /(m^2/s)	温度线膨 胀系数 α $\times 10^5/(\text{1}/^{\circ}\text{C})$	注射模 温度 / $^{\circ}\text{C}$	熔融料 温度 / $^{\circ}\text{C}$
聚 合 材 料	嵌段聚苯乙烯,乳液聚 苯乙烯	1.03~1.07	0.09~0.16	1.33	0.88	8	60~70	200~220
	耐冲击聚苯乙烯	1.1~1.15	0.14	1.8	0.75	6~10	50~70	220~250
	ABS	1.05~1.1	0.16~0.21	1.33	1.3	8	50~80	200~240
	低压聚乙烯	0.94~0.96	0.25~0.31	2.9	1.22	20	30~70	240~270
	高压聚乙烯	0.85~0.92	0.3	2.5	1.38	28	30~60	190~220
	聚丙烯	0.95	0.14~0.175	1.92	0.86	16	30~90	260~280
	聚甲基丙烯酸甲酯	1.18~1.20	0.187~0.21	1.8~1.97	0.93	8	60~80	200~230
	聚乙内酰胺	1.14~1.15	0.254	2.5	0.9	10~11	—	—
	聚酰胺 610	1.1	0.268	1.97~2.5	1.08	11~12	40~60	200~230
	聚碳酸酯	1.2	0.198	1.25	1.32	6.75	80~130	280~310
	聚甲醛	1.425	0.31	1.17~1.46	1.5	8.1	—	—
	聚甲醛共聚物	1.41	0.21	1.25	1.2	8~10	50~110	180~210
	聚氯乙烯	1.35	0.16	1.5	0.8	6~7	20~60	160~180
冷 却 液	水	1.0	0.65	4.18	1.58	—	—	—
	矿物油	0.88~0.92	1.28	1.67~1.88	0.8	—	—	—
	甘油	1.26	2.77~2.96	2.42	0.91~0.98	—	—	—
金 属	低碳钢	7.8	81	0.46	227	120	—	—
	30 钢	7.8	75.5	0.46	212	115	—	—
	工具钢	7.8	36	0.46	100	100~120	—	—
	铬 镍 钢 (12CrNi3A, 30CrNi3A)	7.8	33.7	0.46~0.5	87.5	112	—	—
	耐蚀钢	7.8	19.7	0.46	55	100~115	—	—
	铝(99.75%)	2.7~2.8	20.7	0.9	838	231	—	—
	黄铜(Cu90%,Zn10%)	8.5~8.6	117~133.5	0.368	398	170~220	—	—
	青铜	8.8	47.6	0.368	147	170~210	—	—
	镍铜(Cu90%,Ni10%)	8.9	58~75	0.397	189	164	—	—
	铍(99.5%)	1.8	180~215	2.17	515	120	—	—
	纯铜(99.98%)	8.93	390	0.384	1140	165	—	—
	铍青铜(QBe ₂)	8.23	83.5	0.148	244	170	—	—
	铬	7.9	256	0.437~0.472	716	66~81	—	—

2. 由塑料带入的热量

由塑料带入的热量(J)可按下式计算:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_3 - t_4) \quad (4-28)$$

式中, m ——注射塑料的质量(kg), 包括浇注系统;

c ——注射材料的比热容[J/(kg·°C)], 如表 4-1 所示;

t_4 ——开模时制品的平均温度(°C), $t_4 = t_2 + 2(t_1 - t_2)/\pi$ 。

3. 冷却剂带走的热量

设塑料带入的热量全部由冷却剂带走, 且模具生产环境温度比模具温度低, 冷却剂温度也比较低。

4. 冷却剂的消耗量

冷却剂的消耗量(kg)可按下式计算:

$$G = Q/(c \cdot \Delta t) \quad (4-29)$$

式中, c ——冷却剂的比热容[J/(kg·°C)];

Δt ——冷却剂在管路出入口的温差(为了消除冷却不均匀, 一般取 2~4°C)。

5. 管路的截面积

管路的截面积(m²)可按下式计算:

$$F = G_1/(2\rho \cdot \tau \cdot \omega) \quad (4-30)$$

式中, ρ ——冷却剂密度(kg/m³), 如表 4-1 所示;

τ ——成型周期(s), $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$;

τ_1 ——冷却时间(s);

τ_2 ——辅助时间(s)包括脱模、涂脱模剂、安装嵌件和闭模时间;

τ_3 ——注射时间(s);

ω ——冷却剂流动速度(m/s), 取 0.5~1.0 m/s。

6. 管路直径或矩形管路的边长

管路直径或矩形管路的边长(m)可按下式计算:

$$d = 1.13 \sqrt{F} \quad (4-31)$$

如果计算的结果不理想, 如管路直径过小, 那么应使冷却剂的消耗量增大, 减小冷却剂消耗量计算式中的 Δt 值或采用比热容小的冷却剂, 然后重新计算。

如果计算的管路直径过大, 影响到模具结构设计, 那就减少冷却剂的消耗量, 选用较大的比热容或 Δt , 也可增大冷却剂的流动速度。应当注意, 过分增大 Δt 值会使模具温度不均匀, 影响制品的质量(如产生变形、尺寸变化等)。

7. 管路长度

确定管路直径后, 再确定管路长度。设冷却管路的有效表面积不小于制品成型表面积。

圆形截面的管路长度满足:

$$L \geq M/(\pi \cdot d) \quad (4-32)$$

式中, M ——制品成型表面积(m²)。

(三) 冷却系统设计原则和常见结构

冷却系统设计原则具体如下。

1. 合理地进行冷却水道总体布局

当塑件厚度均匀时, 各冷却水孔至型腔表壁的距离最好相同, 以使塑件冷却均匀, 如图 4-

166(a)所示。若塑件的厚度不均,较厚处热量较多,则可采取冷却水道较为靠近厚壁型腔的办法,如图 4-166(b)所示。

2. 合理确定冷却水道与型腔表壁的距离

图 4-167(a)和图 4-167(b)中的水孔到型腔的最短距离(垂直距离)相同,但水道数量却不一样,所以型腔热量向冷却源流动的路程不同。图 4-168 显示了型腔表面到冷却水孔的距离。合理的距离不仅关系到型腔是否冷却均匀,而且关系到模具的刚度和强度。

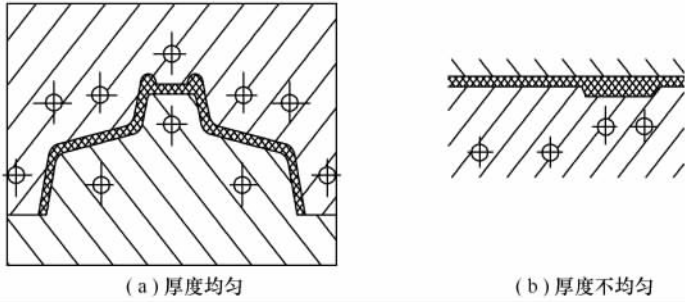


图 4-166 冷却水道布局

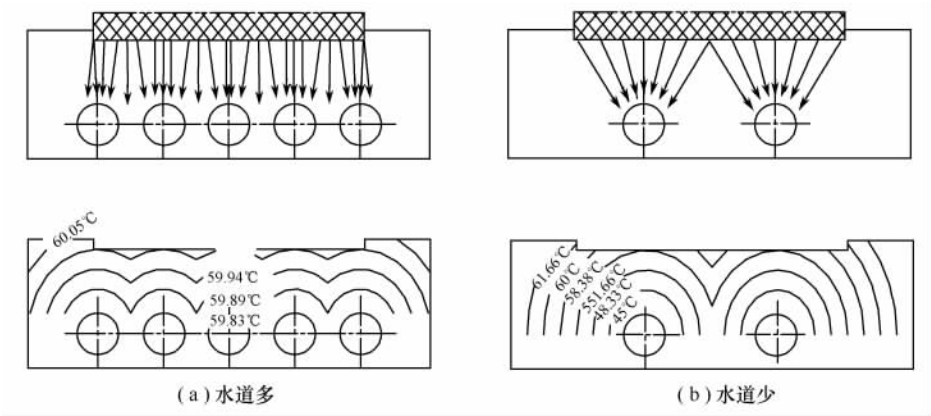


图 4-167 冷却水道的数量对传热的影响

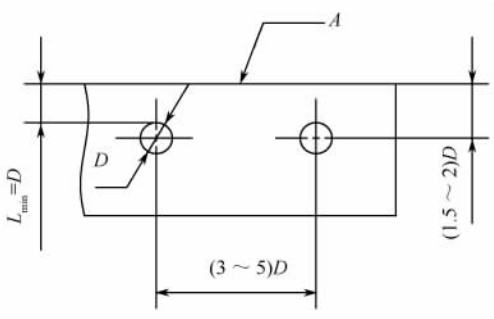


图 4-168 型腔表面到冷却水孔的距离

3. 应加强浇口处的冷却

浇口部位由于经常接触注射机喷嘴,是模具上最热的部位,应加强冷却,有时甚至应考虑进料嘴的单独冷却,如图 4-169 所示。

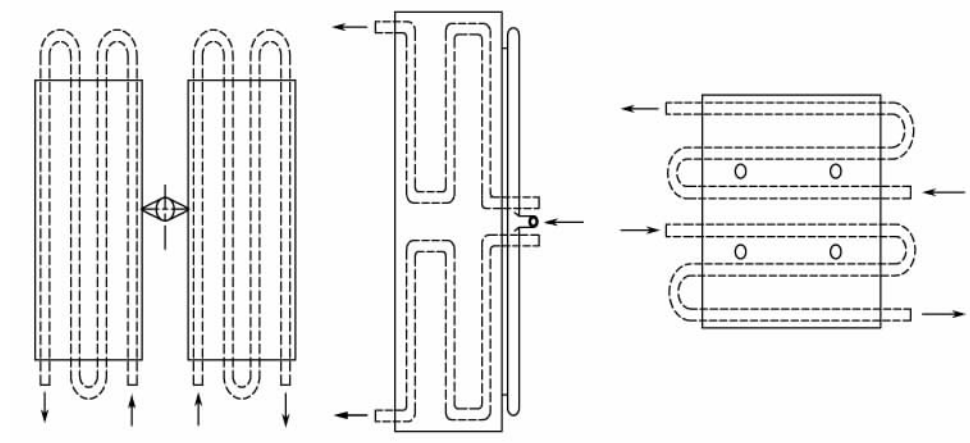


图 4-169 浇口处的冷却

4. 冷却水出入口处的温差应尽量小

冷却水出入口处的温差不应过大,以免造成模具表面冷却不均匀。精密塑件要求该温差在 2°C 以内,一般塑件在 5°C 以内。冷却水道有串联和并联两种布置方式,如图 4-170 所示。

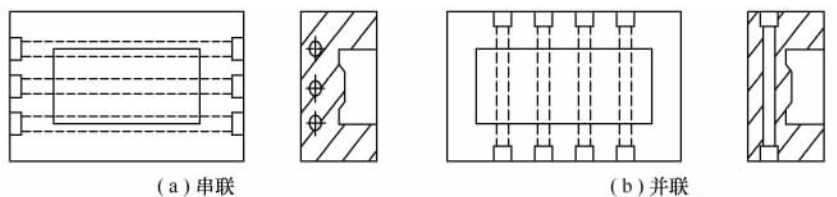


图 4-170 冷却水道的串联和并联

5. 应使冷却水道中的水呈湍流状态流动

雷诺数是用以判定水流状态的参数,对于塑料模,雷诺数 Re 取 $4000 \sim 10000$ 。其校核公式为:

$$Re = \frac{dV}{\eta} \geq 4000 \sim 10000 \quad (4-33)$$

除了上述几项基本原则外,还应注意以下事项:

- ① 应避免在制品容易产生熔接痕的部位开设冷却水道。
- ② 必须注意密封,防止水流入型腔。
- ③ 当水道相贯时,应采取措施使水只可定向连续流出,避免有水不能流动的死角。水道壁应加工光滑,以方便清除水道污垢,保证经较长时间使用后,冷却效果一致。
- ④ 凹模与型芯的冷却情况不同,应用两个调温器分别控制各自回路中冷却液的温度、压力、流量和速度。


【实训操作 7】

运用 UG 软件进行肥皂盒模具冷却系统以及辅助标准件的设计。

在【实训操作 5】的基础上进行冷却系统设计操作。

1. 创建型芯宽度方向水道

第 1 步:通过装配导航器把除了型芯以外的模具零件关闭,只显示型芯。

第 2 步:单击模具工具栏的冷却按钮→系统弹出“冷却组件设计”对话框→把“PIPE__THREAD”修改为“M8”,其他选项采用系统默认设置(见图 4-171)。

第 3 步:选择“尺寸”选项卡,然后在列表中将水道长度“HOLE_1_DEPTH”和“HOLE_2_DEPTH”设置为“160”(见图 4-172)。

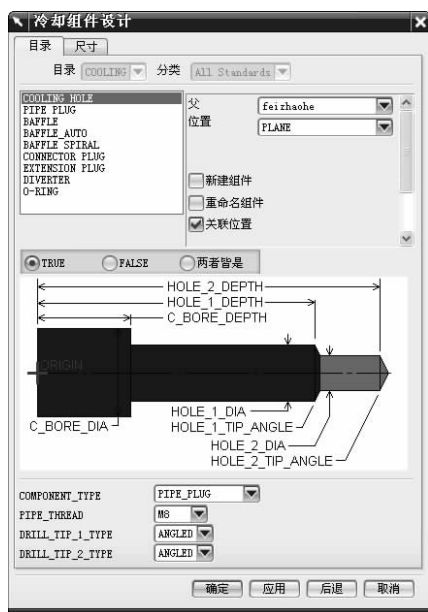


图 4-171 “冷却组件设计”对话框

```
EXTENSION_DISTANCE = 50
HOLE_1_DEPTH = 160
HOLE_2_DEPTH = 160
DRILL_TIP_1_TYPE = ANGLED
DRILL_TIP_2_TYPE = ANGLED
```

图 4-172 修改水道长度

第 4 步:单击“确定”按钮→选择图 4-173 所示的面作为水道放置面。

第 5 步:系统自动弹出“点”对话框,输入点坐标 100、-5、0→单击“确定”按钮(见图 4-174)。

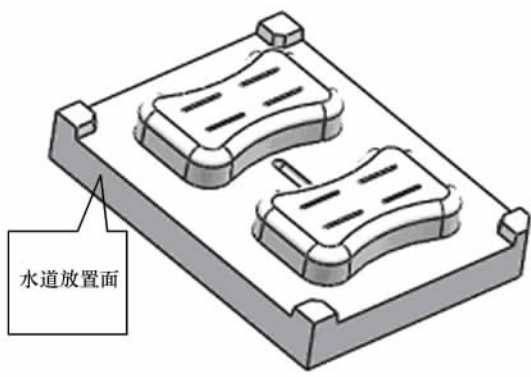


图 4-173 选择水道放置面



图 4-174 “点”对话框

第 6 步:系统自动弹出“位置”对话框(见图 4-175)→单击“确定”按钮。

第 7 步:系统继续弹出“点”对话框,输入点坐标 -100、-5、0→单击“确定”按钮。

第 8 步:系统自动弹出“位置”对话框→单击“打断关联性”→单击“取消”按钮。

2. 创建型芯长度方向水道

参照上述过程完成长度方向冷却水道的创建,水道长 220,坐标参数为 -70、-5、0;另外两条短的水道长 110,坐标参数为 -70、-5、0。创建后的效果图如图 4-176 所示。

注意:冷却水道的直径可以根据模具型芯大小确定,常用的是直径为 6~8mm 的水道,型芯比较大时可以用 10~12mm 的水道。设计水道时不要与其他模具零件孔发生干涉,以免漏水,水道离其他孔的距离通常应大于 3mm。相对坐标的原点为放置面的几何中心,所以倒角会影响坐标的位置,建议采用绝对坐标确定水道的位置。



图 4-175 “位置”对话框

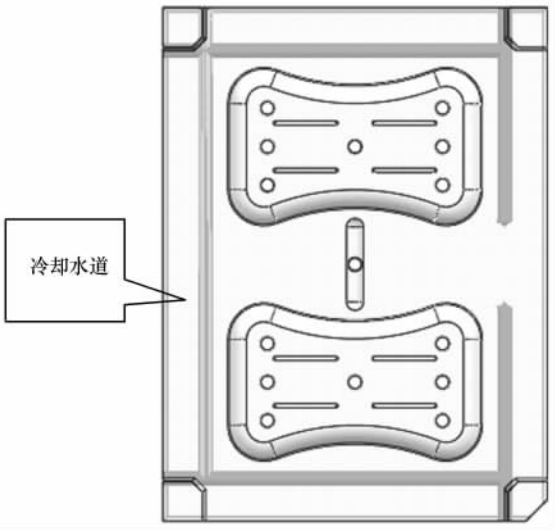



图 4-176 型芯长度方向的冷却水道效果图

3. 创建型芯竖直方向水道

竖直方向有两条水道,其创建方法与宽度、长度方向的水道创建方法一样,只是竖直水道的放置面为型芯的底面,水道长 15,坐标参数分别为 70、20、0 和 70、-20、0。创建后的竖直水道如图 4-177 所示。

4. 添加水道堵头

水道在型芯侧面一端应该用堵头堵起来,以免漏水。

第 1 步:单击  按钮→系统弹出“冷却组件设计”对话框,在绘图区域选择型芯长度方向一条长的水道(见图 4-178)→在对话框中的水道类型列表中选择“PIPE PLUG”选项,“PIPE_THREAD”选择“M10”,其他参数不变(见图 4-179)。

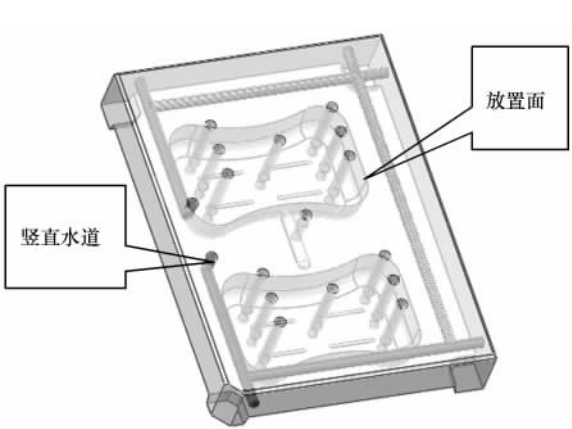


图 4-177 竖直水道

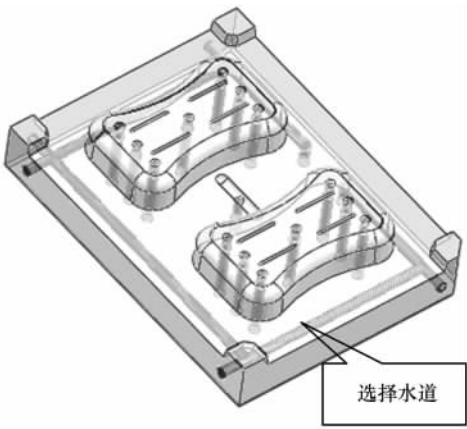


图 4-178 选择水道

第 2 步:选择“尺寸”选项卡→把“PLUG_LENGTH”和“ENGAGE”设置为“10”(见图 4-180)→单击“确定”按钮。创建好的堵头如图 4-181 所示。

第 3 步:其他的堵头参照以上过程创建。创建好的效果图如图 4-182 所示。

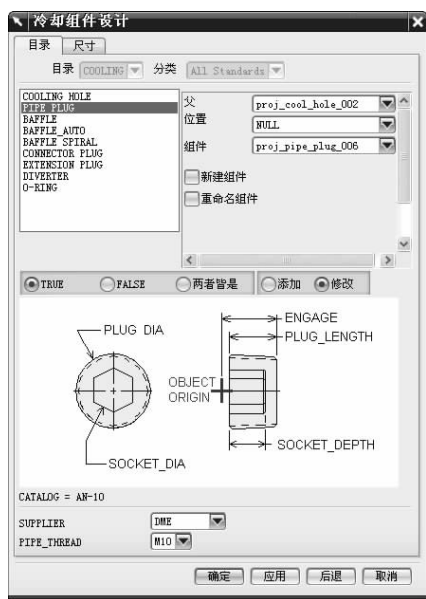


图 4-179 “冷却组件设计”对话框

```
SUPPLIER = DME
PIPE_THREAD = M10
MATERIAL = BRASS
CATALOG = AN-10
PLUG_DIA = <UM_VAR>::COOLIN
PLUG_LENGTH = 10
SOCKET_DIA = <UM_VAR>::COOL
SOCKET_DEPTH = <UM_VAR>::CO
ENGAGE = 10
```

图 4-180 修改堵头长度

注意:堵头的直径要比水道直径大 2mm,这样才能堵住不漏水。

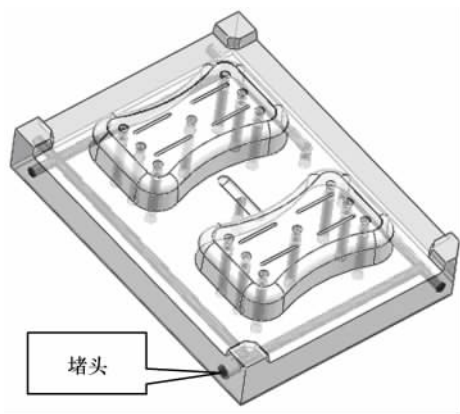


图 4-181 创建好的堵头

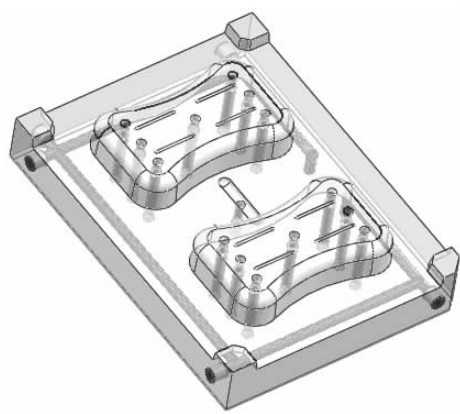


图 4-182 堵头全部创建好的效果图

5. 创建动模板宽度方向的冷却水道


第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 7 关闭。

第 2 步:参照型芯水道的创建方法,完成动模板宽度方向两条水道的创建,水道长度为 65,坐标参数分别为 20、-15、0 和 -20、-15、0。创建后的水道如图 4-183 所示。

6. 创建动模板竖直方向的冷却水道

参照上述过程完成动模板竖直方向两条水道的创建,水道长度为 30,坐标参数分别为 70、-20、0 和 70、20、0。创建后的水道如图 4-184 所示。

7. 添加 O 形环

第 1 步: 单击  按钮→系统弹出“冷却组件设计”对话框, 在绘图区域选择动模板竖直方向一条长的水道(见图 4-185)→在对话框中的水道类型列表中选择“O-RING”选项, “SECTION_DIA”选择“2”, “ID”选择“10”, 其他参数不变(见图 4-186)→单击“应用”按钮。

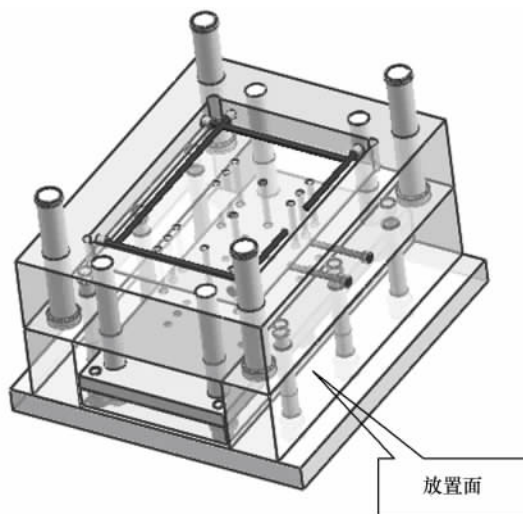


图 4-183 动模板宽度方向的水道

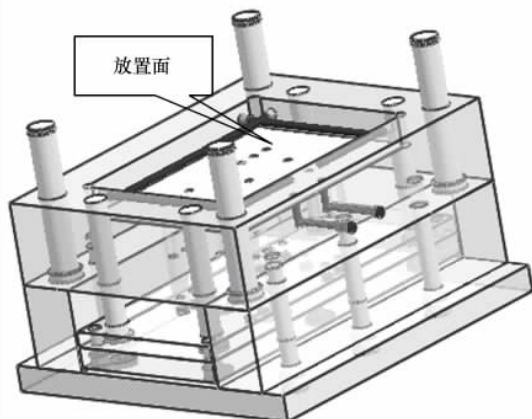


图 4-184 动模板竖直方向的水道

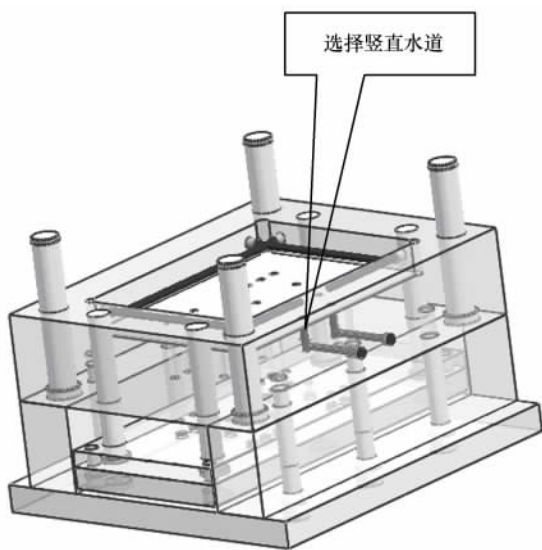


图 4-185 选择一条竖直水道

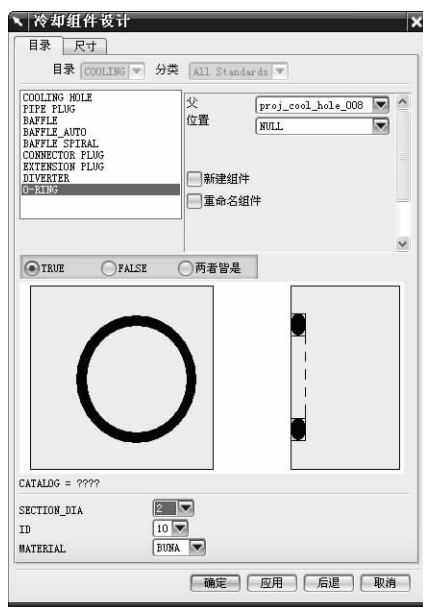



图 4-186 “冷却组件设计”对话框

第 2 步: 选择竖直方向的另一条水道→单击“确定”按钮。创建好的 O 形环如图 4-187 所示。

8. 添加喉塞

喉塞用于连接模具上的水道与水管, 创建过程如下。

单击  按钮→系统弹出“冷却组件设计”对话框, 在绘图区域选择动模板宽度方向一条长

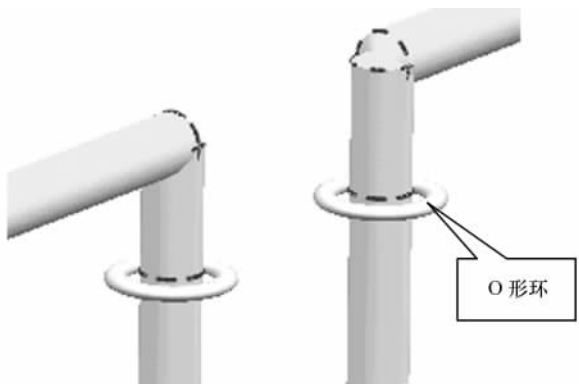


图 4-187 创建好的 O 形环

的水道→在对话框中的水道类型列表中选择“CONNECTOR PLUG”,“PIPE_THREAD”选择“M10”,“FLOW_DIA”选择“6”(见图 4-188),单击“确定”按钮。创建好的喉塞如图 4-189 所示。

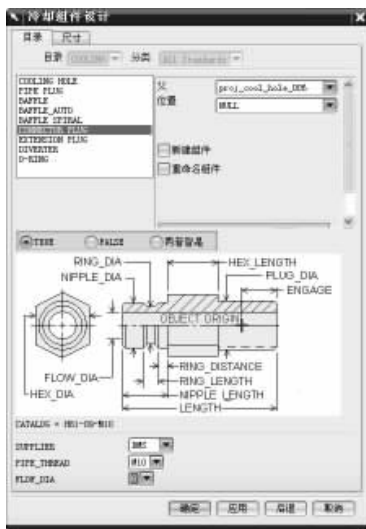


图 4-188 “冷却组件设计”对话框

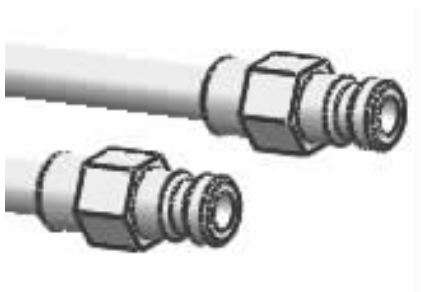



图 4-189 创建好的喉塞

9. 切减冷却水道避空位

第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 7 打开。

第 2 步:单击  按钮→系统自动弹出“腔体”对话框→对话框中的“工具类型”选择“部件”→选择型芯、动模板作为切减目标体后按鼠标中键→框选所有的冷却水道→单击“应用”按钮。

第 3 步:对话框中的“工具类型”选择“实线”→选择型芯、动模板作为切减目标体后按鼠标中键→选择所有的堵头、喉塞→单击“确定”按钮。切减后的型芯冷却水道如图 4-190 所示,切减后的动模板冷却水路断面如图 4-191 所示。

10. 创建定模侧冷却水道

如图 4-192 所示为定模侧冷却水道布置图。由于定模侧成型产品的外表面,表面质量要求比较高,所以对冷却的要求也比较高,定模侧要设计两条水道。定模侧的水道创建方法这里不再阐述,可以参照动模侧的冷却水道创建方法(建议定位坐标采用绝对坐标)。如图 4-193 所示为创建好的型腔冷却水道,如图 4-194 所示为创建好的定模板冷却水道。

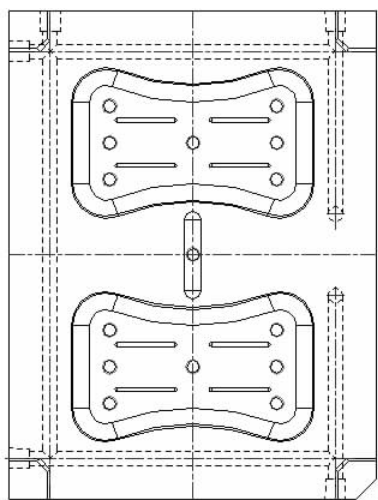


图 4-190 切减后的型芯冷却水道

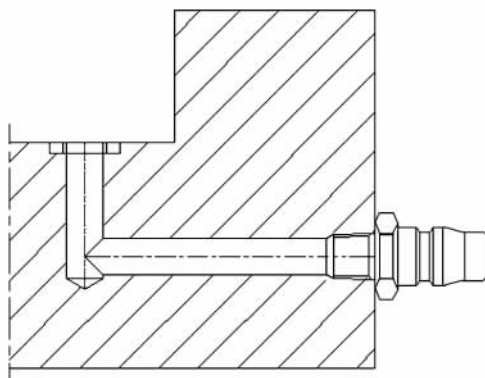


图 4-191 切减后的动模板冷却水路断面

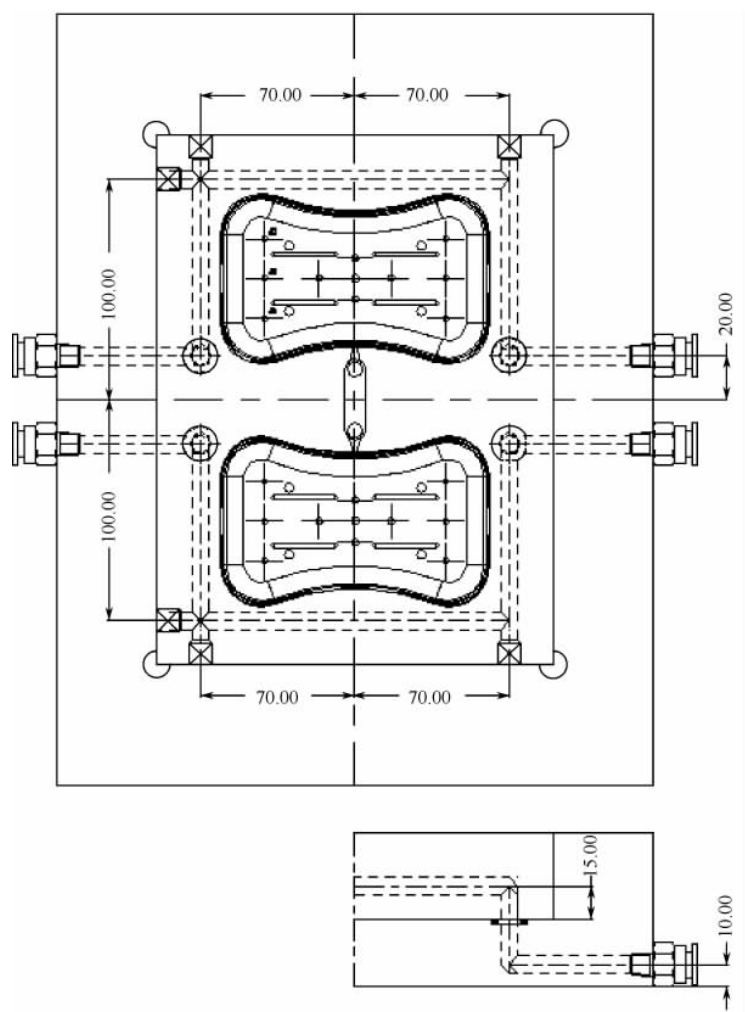


图 4-192 定模侧冷却水道布置图

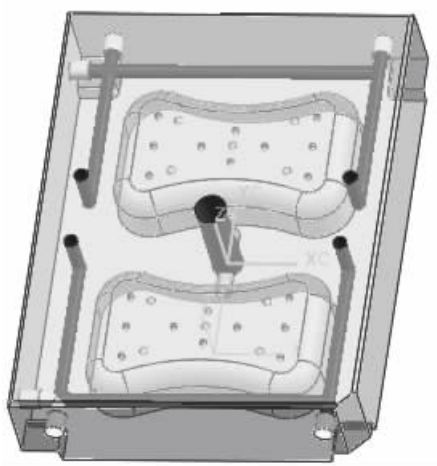


图 4-193 型腔冷却水道

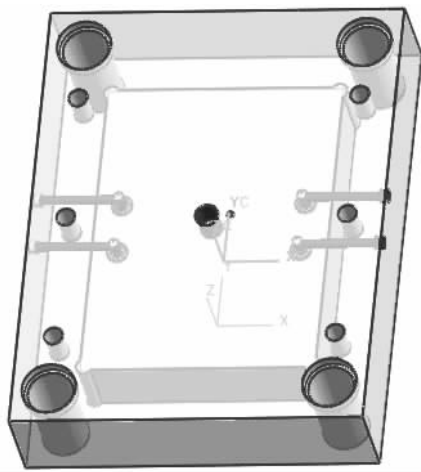



图 4-194 定模板冷却水道

11. 调用辅助标准件

(1) 创建型芯固定螺钉

第 1 步:通过图层管理以及装配导航器,只显示型芯。

第 2 步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框(见图 4-195)→在“目录”列表中选择“DME_MM”选项,在“分类”列表中选择“Screws”选项。

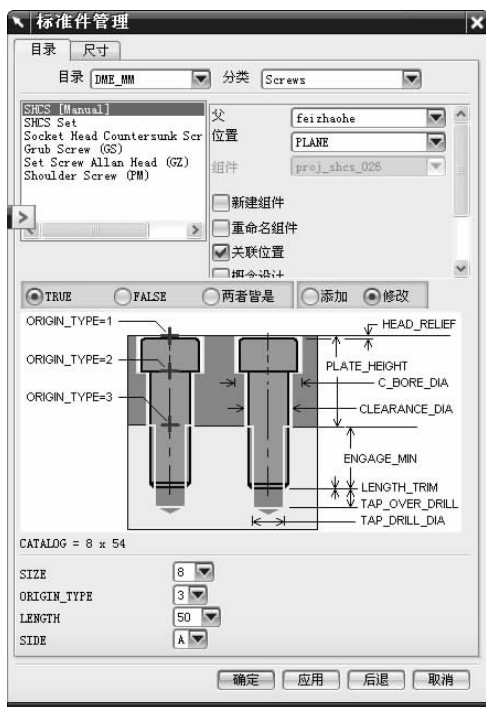


图 4-195 “标准件管理”对话框

第 3 步:“SIZE”设置为“8”,“ORIGIN_TYPE”设置为“3”,“LENGTH”设置为“50”,其他采用系统默认设置。

第 4 步:单击“尺寸”选项卡,按图 4-196 设置螺钉尺寸,其他参数采用系统默认设置。

```

TIP_ANGLE = 118
SIZE = 8
PLATE_HEIGHT = 50
ORIGIN_TYPE = 3
LENGTH = 54
SCREW_DIA = 8
ENGAGE_MIN = SCREW_DIA*1.5

```

图 4-196 设置螺钉参数

第 5 步:单击“应用”按钮→系统弹出“选择一个面”对话框(见图 4-197)→选择型芯底面。

第 6 步:系统自动弹出“点”对话框→输入图 4-198 所示的坐标值(相对于 WCS)→按 F8 键放平型芯(可以更清楚地看见螺钉的位置点)→单击“确定”按钮。



图 4-197 “选择一个面”对话框



图 4-198 “点”对话框

第 7 步:系统自动弹出“位置”对话框(见图 4-199)→单击“确定”按钮→系统返回到“点”对话框→输入坐标值 81、111、0→单击“确定”按钮。

第 8 步:参照上一步操作完成其他螺钉的创建。其他螺钉坐标为 81、-111、0、-81、-111、0、-81、0、0、81、0、0。创建固定螺钉后的型芯如图 4-200 所示。



图 4-199 “位置”对话框

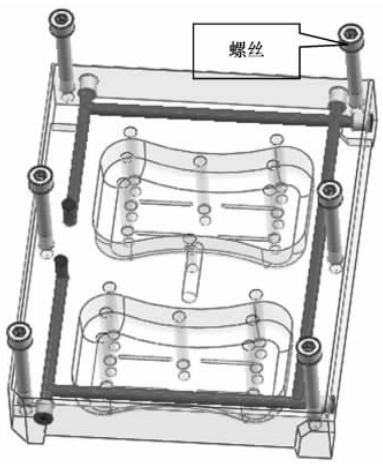


图 4-200 创建固定螺钉后的型芯

(2) 创建型腔固定螺钉

型腔固定螺钉的创建方法与型芯一样,坐标位置也可以与型芯一样。螺钉的参数设置如图 4-201 所示。创建固定螺钉后的型腔如图 4-202 所示。

```
SIZE = 8  
PLATE_HEIGHT = 20  
ORIGIN_TYPE = 3  
LENGTH = 24  
SCREW_DIA = 8  
ENGAGE_MIN = SCREW_DIA*1.5
```

图 4-201 设置螺钉参数

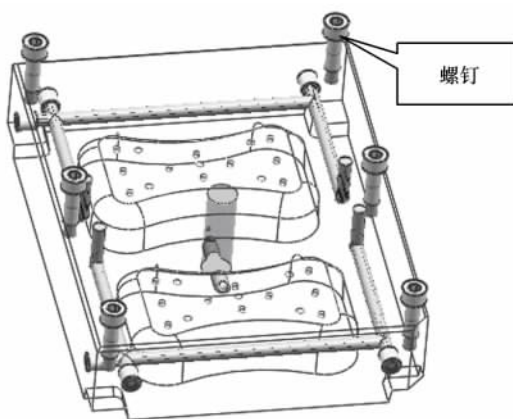



图 4-202 创建固定螺钉后的型腔

(3) 创建固定螺钉的避空位

第 1 步:通过图层管理以及装配导航器,只显示型芯、型腔、动模板、定模板、固定螺钉。

第 2 步:单击  按钮→系统自动弹出“腔体”对话框→对话框中的“工具类型”选择“部件”→选择型芯、型腔、动模板、定模板作为切减目标体后按鼠标中键→选择所有的固定螺钉→单击“确定”按钮。固定螺钉避空位创建完成后的各个模具零件状态如图 4-203 所示。

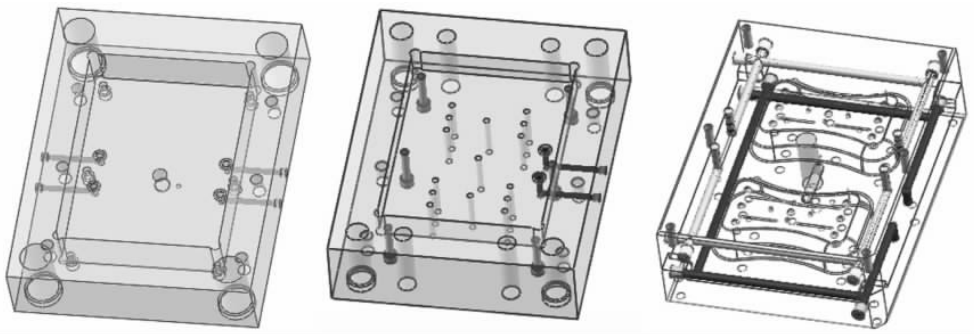



图 4-203 固定螺钉避空位创建完成后的各个模具零件状态

(4) 创建垃圾钉

垃圾钉可以固定在推杆板上,也可以固定在动模固定板上,这里垃圾钉固定在推杆板上,其厚度为 5mm。创建的数量应依模具大小而定,这里创建 6 个,其作用是减少推杆板与动模固定板大面积接触,具体创建过程如下。

第 1 步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框(见图 4-204)→在“目录”列表中选择“FUTABA_MM”选项,在“分类”列表中选择“Stop Buttons”选项,选择 **Stop Pad (M-STR)** 选项,直径设为“25”,其他参数采用系统默认设置,单击“确定”按钮。

第 2 步:系统自动弹出“选择一个面”对话框(见图 4-205),选择推杆底板的底面作为放置平面。

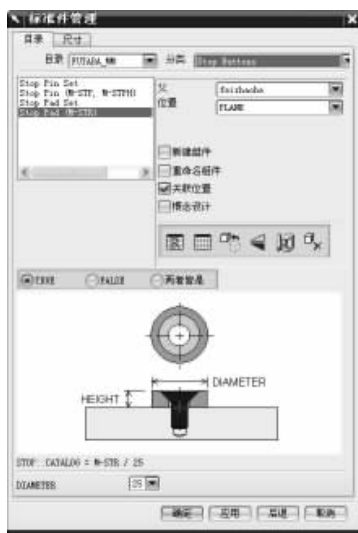


图 4-204 “标准件管理”对话框



图 4-205 “选择一个面”对话框

第 3 步:系统自动弹出“点”对话框(见图 4-206),输入坐标值 57、145、0→单击“确定”按钮。

第 4 步:系统自动弹出“位置”对话框(见图 4-207)→单击“确定”按钮→系统返回到“点”对话框→输入坐标值 -57、145、0→单击“确定”按钮。



图 4-206 “点”对话框




图 4-207 “位置”对话框

第 5 步:参照以上操作完成其他垃圾钉的创建。其他垃圾钉坐标为 -57、-145、0、-57、145、0、-57、0、0、57、0、0。创建好的垃圾钉如图 4-208 所示。

注意:垃圾钉的数量不管有多少,其中 4 个必须位于推杆复位杆的正下方,这样能保证推杆板在复位杆的复位压力作用下不容易变形。其他的垃圾钉可以根据推杆板的空间合理均匀地分布。

(5) 创建复位弹簧

第 1 步:单击  标准件 按钮→系统自动弹出“标准件管理”对话框(见图 4-209)→在“目录”列表中选择“FUTABA_MM”选项,然后选择 Spring [M-FSB] 选项,“DIAMETER”设置为“39.5”,“CATALOG_LENGTH”设置为“80”,其他参数采用系统默认设置→单击“确定”按钮。

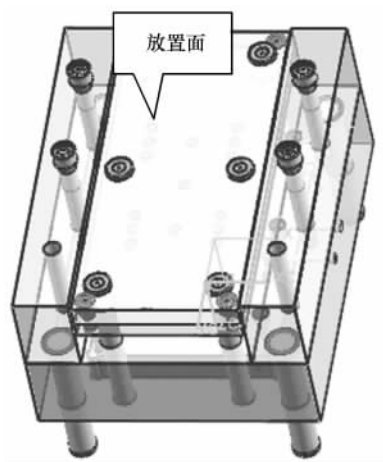


图 4-208 创建好的垃圾钉

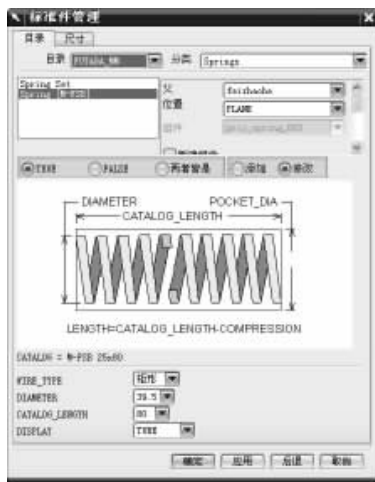


图 4-209 “标准件管理”对话框

第 2 步:系统自动弹出“选择一个面”对话框(见图 4-205)→选择推杆面板上表面。

第 3 步:系统自动弹出“点”对话框(见图 4-210)→输入坐标值 57、145、0→单击“确定”按钮。

第 4 步:系统自动弹出“位置”对话框→单击“确定”按钮。

第 5 步:参照以上步骤把其他三个复位弹簧创建完毕,它们的坐标分别为-57、145、0,57、-145、0,-57、-145、0。创建好的复位弹簧如图 4-211 所示。



图 4-210 “点”对话框

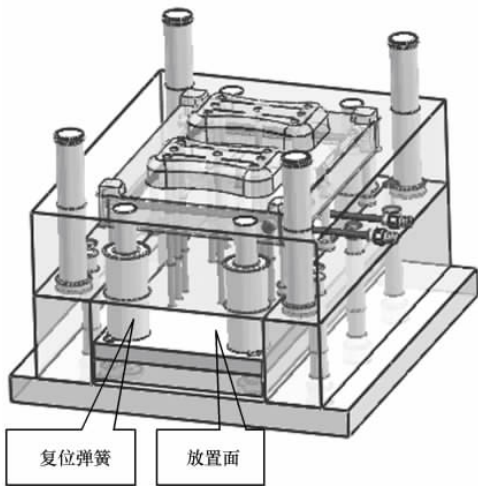



图 4-211 创建好的复位弹簧

(6) 创建复位弹簧的避空位

第 1 步:通过图层管理以及装配导航器,显示动模部分。

第 2 步:单击  按钮→系统自动弹出“腔体”对话框→对话框中的“工具类型”选择“部件”→选择动模板作为切减目标体后按鼠标中键→选择所有的复位弹簧→单击“确定”按钮。复位弹簧避空位创建完成后的动模板如图 4-212 所示。

小结:至此整套模具已经完成,如图 4-213 所示。本实训详细讲解了模具设计的整个流程。后续的实训中如有与本实训操作基本相同的部分,本书不再重复叙述。

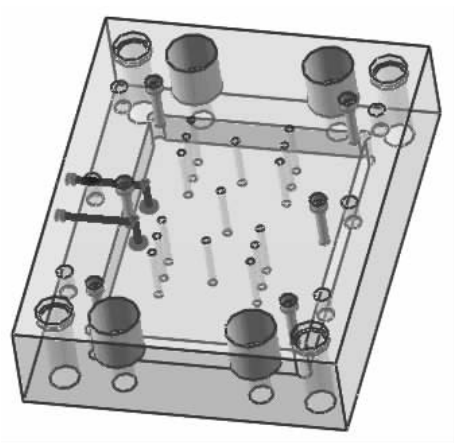


图 4-212 复位弹簧避空位创建完成后的动模板

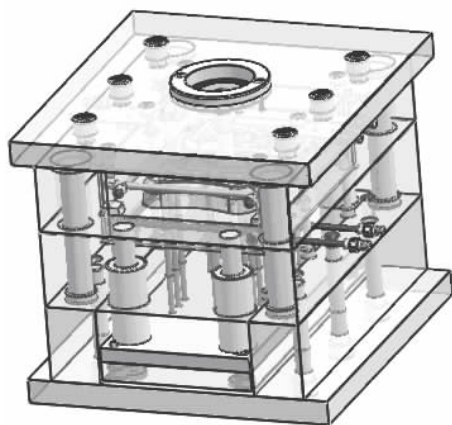


图 4-213 组装完成后的模具

模具设计完成后必须将 3D 图转换成 2D 工程图,以便于管理和存档。转换 2D 工程图时要按照工程图国家标准进行必要的修改完善。肥皂盒模具工程图如图 4-214 所示。

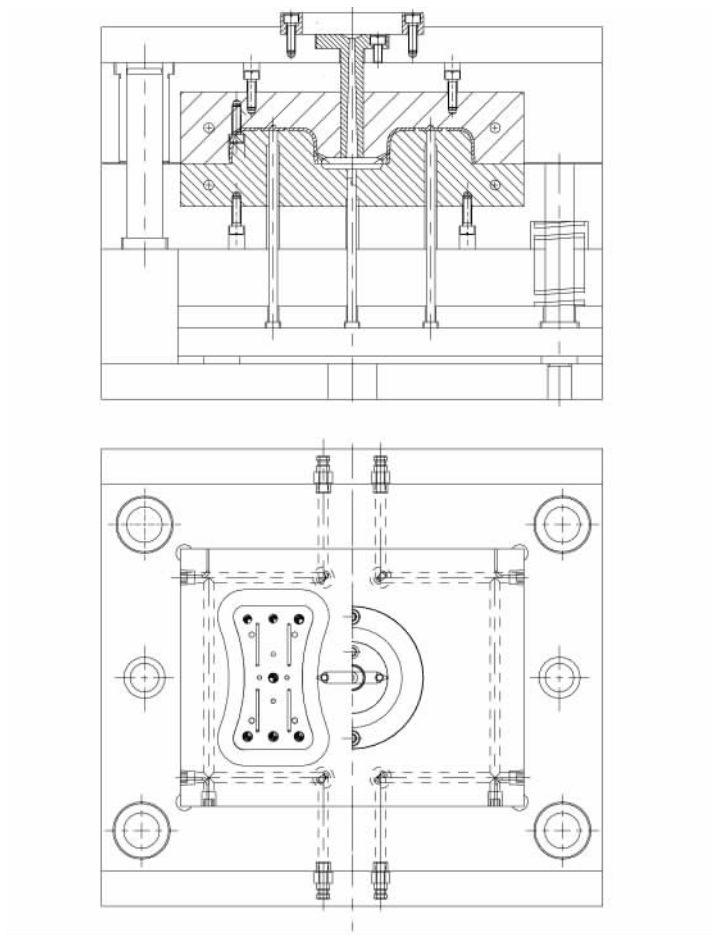


图 4-214 肥皂盒模具工程图

模块五 外侧抽芯模具设计

【项目引导】

如图 0-4 所示为某款手机的面板,注意图中的倒扣结构。

设计要求:

- ① 分析塑件的结构工艺性。
- ② 初步确定该手机面板注射成型的各工艺参数。
- ③ 确定手机面板注射模的结构方案。
- ④ 运用 UG 软件进行手机面板注射模具设计。

【项目分析】

1. 原材料分析

引导学生分析手机面板原材料选择的考量因素,正确选择塑料原料并分析该塑料原料的注射成型工艺特点。

2. 手机面板模具结构分析

根据手机面板的零件图分析手机面板的结构工艺性,引导学生分析手机面板模具中的侧向分型与抽芯机构。

3. 注射成型工艺参数分析

组织学生分组查找资料,初步确定注射压力、加热温度、模具温度等工艺参数,为模具设计做准备。

【知识链接】

一、侧向分型与抽芯机构概述

(一) 侧向分型与抽芯机构及其分类

由于某些特殊要求,在塑件无法避免其侧壁内外表面出现凸凹形状时,模具就需要采取特殊的手段对所成型的制品进行脱模。因为这些侧孔、侧凹或凸台与开模方向不一致,所以在脱模之前必须先抽出侧向成型零件,否则将不能脱模。这种带有可移动的侧向成型零件的机构称为侧向分型与抽芯机构。如图 5-1 所示是一些典型的需要侧向分型与抽芯机构的制品形状。

侧向分型与抽芯机构的动力源分为手动、气动、液压和机动。

1. 手动侧向分型与抽芯机构

这种机构在推出制件前或脱模后用手工方法或手工工具将活动型芯或侧向成型镶块取出。其结构简单,但劳动强度大,生产效率低,仅适用于小型制件的小批量生产。

如图 5-2 所示为开模前手动抽芯机构。图 5-2(a)中的结构最简单,推出制件前,用扳手旋

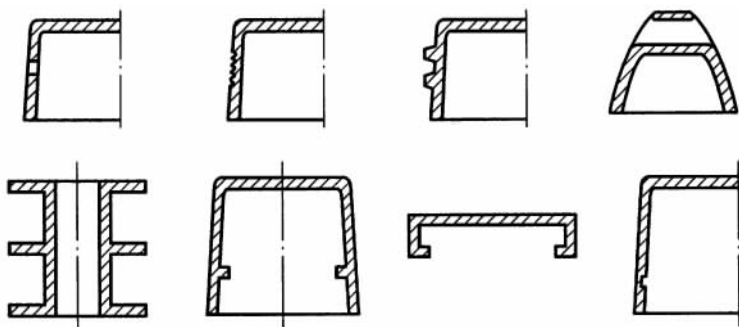


图 5-1 需要侧向分型与抽芯机构的制品形状

出活动型芯；图 5-2(b)中的活动型芯不像图 5-2(a)那样随螺栓旋转，抽芯时活动型芯只做水平移动，故适用于非圆形侧孔的抽芯。

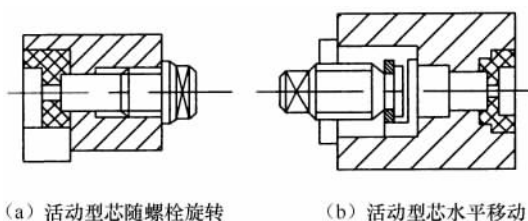


图 5-2 手动抽芯机构

如图 5-3 所示为脱模后手工取出型芯或镶块。取出的型芯或镶块重新装回到模具中时，应注意活动型芯或镶块必须可靠定位，合模与注射成型时不能移位，以免造成制件报废或模具损坏。

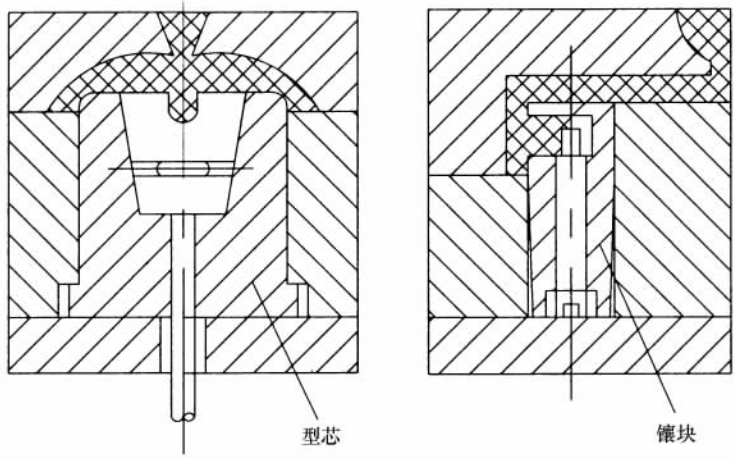


图 5-3 手工取出型芯或镶块

2. 液压或气动侧向分型与抽芯机构

这种机构中侧向分型的活动型芯依靠液压传动或气压传动的机构抽出。与机动抽芯不同，液压或气压抽芯是通过一套专用的控制系统来控制活塞的运动实现的，其抽芯动作可不受开模时间和推出时间的影响。

液压传动抽芯机构工作平稳，且可得到较大的抽拔力和较长的抽芯距离，但由于模具结构和体积的限制，油缸的尺寸往往不能太大。

图 5-4 中利用气动抽芯机构使侧向型芯前后移动。图示的结构中没有锁紧装置,这在侧孔为通孔或者活动型芯仅承受很小的侧向压力时是允许的,因为气缸压力尚能使侧向的活动型芯锁紧不动,否则应考虑设置活动型芯的锁紧装置。

图 5-5 中液压抽芯机构带有锁紧装置,侧向活动型芯设在动模一侧。成型时,侧向活动型芯由定模上的锁紧块锁紧,开模时锁紧块离去,由液压抽芯机构抽出侧向活芯,然后推出制件,推出机构复位后,侧向型芯再复位。

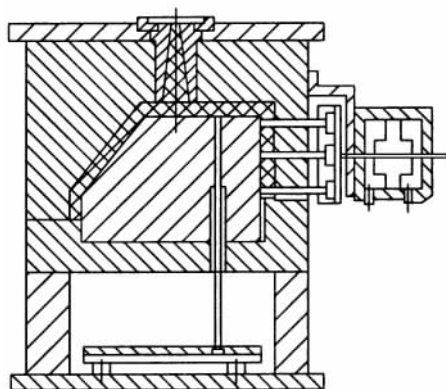


图 5-4 气动抽芯机构

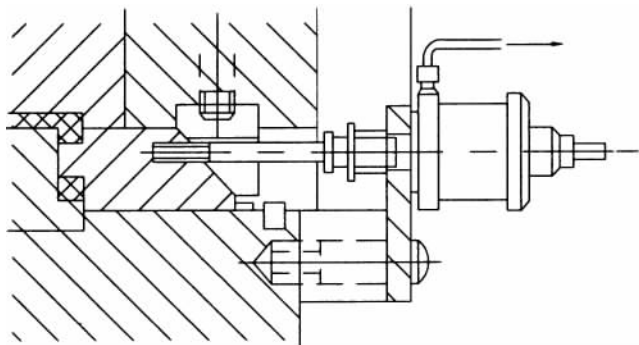


图 5-5 液压抽芯机构

3. 机动侧向分型与抽芯机构

机动侧向分型与抽芯机构利用注射机的开模运动或推出塑件时的作用力,通过斜导柱等机构使之转化为侧向分型与抽芯动作。由于这种方法操作简便,生产效率高,易于实现自动化,且不需要单独的动力装置,所以在注射模具中应用最为广泛。

(二) 抽芯距与抽芯力

1. 抽芯距

抽芯距是指将侧型芯抽至不妨碍塑件脱模位置的距离。一般抽芯距等于侧型芯所成型的塑件上的孔深度或凸台高度加上 2~3mm 的安全系数,即

$$S = S_c + (2 \sim 3) \text{mm} \quad (5-1)$$

式中, S ——设计抽芯距(mm);

S_c ——临界抽芯距(mm)。

临界抽芯距 S_c 不一定总是等于塑件上的侧孔深度或侧凸台高度,要依塑件的具体形状而定。如图 5-6 所示的圆柱形线圈骨架塑件,其临界抽芯距 S_c 可由下式计算:

$$S_c = \sqrt{R^2 - r^2} \quad (5-2)$$

式中, S_c ——临界抽芯距(mm);

R ——塑件最大外圆直径(mm);

r ——阻碍塑件脱模的最小圆直径(mm)。

2. 抽芯力

制品在模具内成型冷却时,将对型芯收缩包紧,此时要抽出型芯,抽芯机构所产生的抽芯力必须大于抽芯阻力。影响抽芯力的因素很多,不能用一个公

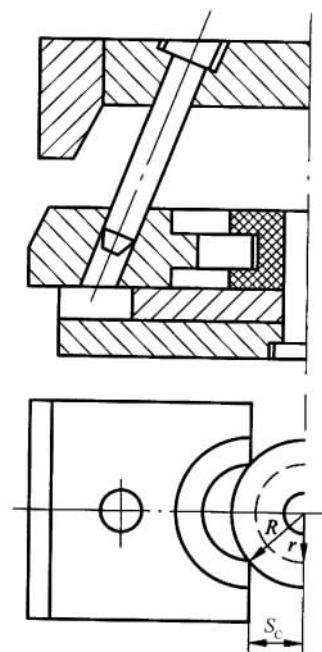


图 5-6 圆柱形线圈骨架

式准确地计算出来,只能根据其影响因素做大概的分析和估算。影响抽芯力的因素大致有以下几项。

① 型芯成型部分的表面积和截面的几何形状。型芯成型部分的表面积越大,则抽芯力就越大。截面的几何形状为圆形,抽芯力较小,而方形则较大。

② 制品的壁厚及大小。对于厚壁和大型塑料制品,冷却收缩量大,所需的抽芯力也就大。

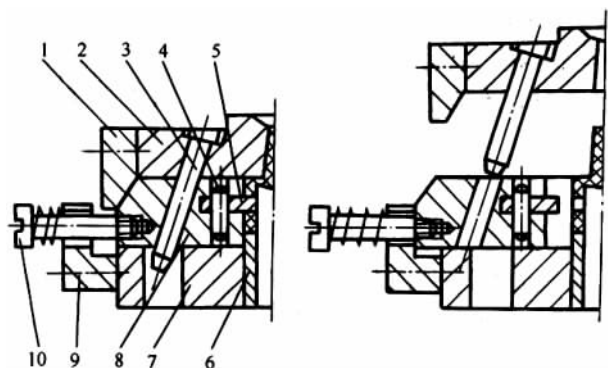
③ 塑料的收缩率及其与成型零件的摩擦系数。塑料的收缩率大,则所需抽芯力大;而塑料与成型零件的摩擦系数越大,所需抽芯力也越大。

④ 脱模斜度。脱模斜度大,则所需抽芯力小。

二、斜导柱侧向分型与抽芯机构

(一) 工作原理

斜导柱侧向分型与抽芯机构是应用最多的一种机械驱动的侧向分型与抽芯机构形式,它利用斜导柱等零件把开模力传递给侧型芯,使之产生侧向移动来完成抽芯动作。它不仅可以向外侧抽芯,还可以向内侧抽芯。如图 5-7 所示为一个典型的斜导柱侧向分型与抽芯机构,斜导柱 3 固定在定模板 2 上,滑块 8 在动模板 7 的导滑槽内可以移动,侧型芯 5 用销钉 4 固定在滑块 8 上。在开模时,开模力通过斜导柱作用于滑块,迫使滑块在动模板的导滑槽内向左移动,完成抽芯动作,然后推管 6 把塑件推出型腔。其中,楔紧块 1 的作用是防止侧型芯及滑块在充模过程中因模腔压力作用而产生移动。限位挡块 9、螺钉 10 及弹簧是滑块在抽芯后的定位装置,保证合模时斜导柱能够准确地进入滑块的斜孔。



1—楔紧块; 2—定模板; 3—斜导柱; 4—销钉; 5—侧型芯; 6—推管; 7—动模板; 8—滑块; 9—限位挡块; 10—螺钉

图 5-7 典型的斜导柱侧向分型与抽芯机构

(二) 斜导柱侧向分型与抽芯机构主要参数的确定

1. 抽芯距 S 与斜导柱的倾角 α

斜导柱的倾角是决定斜导柱抽芯机构工作效果的一个重要参数,不仅决定开模行程和斜销长度,而且对斜销的受力状况有重要的影响。

如图 5-8 所示,抽拔方向垂直于开模方向时,抽芯距 S 所需的开模行程 H 与斜导柱的倾角 α 的关系为:

$$H = S \cot \alpha \quad (5-3)$$

斜导柱有效工作长度 L 与倾角 α 的关系为:

$$L = \frac{S}{\sin \alpha} \quad (5-4)$$

由以上两式可见,倾角 α 增大,完成抽芯所需的开模行程及斜导柱有效工作长度均可减小,有利于减小模具的尺寸。

斜导柱受力情况也与倾角 α 密切相关。抽芯时滑块在斜导柱作用下沿导滑槽运动,忽略摩擦阻力,滑块将受到以下三个力的作用:抽芯阻力 F_c 、开模阻力 F_k (即导滑槽施于滑块的力)以及斜导柱作用于滑块的正压力 F' ,如图 5-9(a)所示。由此可得抽芯时斜导柱所受的弯曲力 F (与 F' 大小相等,方向相反):

$$F = \frac{F_c}{\cos\alpha} \quad (5-5)$$

抽芯时所需开模力为:

$$F_k = F_c \tan\alpha \quad (5-6)$$

由以上两式可知,倾角 α 增大时,斜导柱所受的弯曲力 F 和开模阻力 F_k 均增大,斜导柱受力情况变差。

确定斜导柱倾角时,应从抽芯距、开模行程、斜导柱受力几个方面综合考虑。一般取 $15^\circ \sim 20^\circ$,不宜超过 25° 。

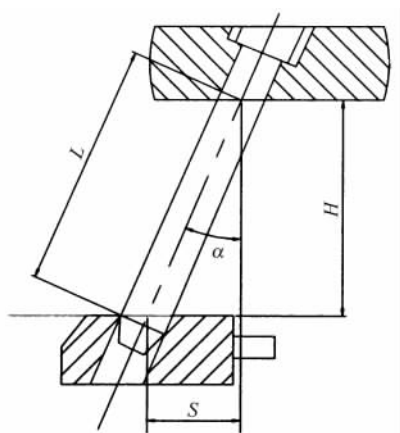


图 5-8 开模行程

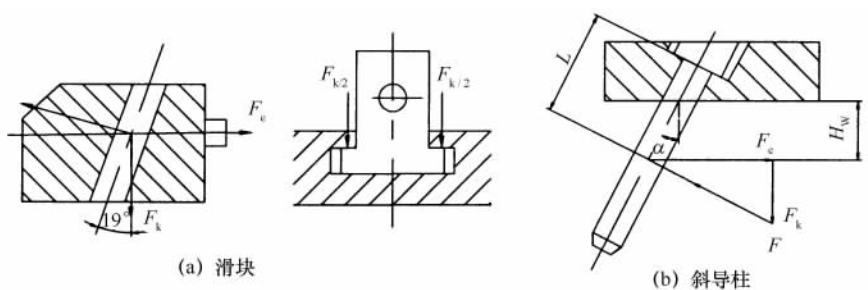


图 5-9 滑块和斜导柱受力分析

如图 5-10(a)所示为抽芯方向向动模方向倾斜 β 角的情况,与 $\beta=0$ (即抽芯方向垂直于开模方向)的情况相比,斜导柱倾角相同时,所需开模行程和斜导柱工作长度减小,而开模力和斜导柱所受的弯曲力将增大,其效果相当于斜导柱倾角为 $\alpha+\beta$ 时的情况。由此可见斜导柱的倾角不能过大,以 $\alpha+\beta$ 为 $15^\circ \sim 20^\circ$ 为宜,最大不能超过 25° 。

如图 5-10(b)所示为抽芯方向向定模方向倾斜 β 角的情况,与滑块不倾斜相比,斜导柱倾角相同时,所需开模行程和斜导柱有效工作长度增大,而开模力和斜导柱所受弯曲力均有所减小,其效果相当于倾角为 $\alpha-\beta$ 的情况,故斜导柱倾角可稍微取大一些,以 $\alpha-\beta$ 为 $15^\circ \sim 20^\circ$ 为宜。

斜导柱双侧对称布置时,开模时的抽芯力可相互抵消;而单侧抽芯时,模具所受的力无法相互抵消,此时斜角 α 宜取小值。

2. 斜导柱的直径

由图 5-10 可知,抽芯时斜导柱受弯矩 M 作用,其最大值为:

$$M = FL \quad (5-7)$$

式中, L ——斜导柱有效工作长度。

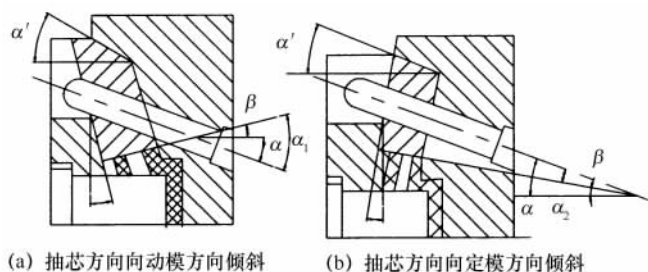


图 5-10 抽芯方向与开模方向不垂直

由材料力学可知斜导柱的弯曲应力为：

$$\sigma_w = \frac{M}{W} \leq [\sigma]_w \quad (5-8)$$

式中, W ——斜导柱的抗弯截面系数；

$[\sigma]_w$ ——斜导柱材料的弯曲许用应力。

斜导柱多为圆形截面,其截面系数为：

$$W = \frac{1}{32} \pi d^3 \approx 0.1 d^3$$

由上式可得斜导柱的直径为：

$$d = \sqrt[3]{\frac{FL}{0.1[\sigma]_w}} \quad (5-9)$$

也可表示为：

$$d = \sqrt[3]{\frac{F_c L}{0.1[\sigma]_w \cos \alpha}} \quad (5-10)$$

由此可见,斜导柱的直径必须根据抽芯力、斜导柱的有效工作长度和斜导柱的倾角来确定。

3. 斜导柱的长度

确定了斜导柱倾角 α 、有效工作长度 L 和直径 d 之后,可按图 5-11 计算斜导柱的长度 $L_{\text{总}}$ 。

$$L_{\text{总}} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = \frac{D}{2} \tan \alpha + \frac{t}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + \frac{S}{\sin \alpha} + (10 \sim 15) \text{mm} \quad (5-11)$$

式中, L_5 ——锥体部分长度,一般取 10~15mm；

D ——固定轴肩直径(mm)；

t ——斜导柱固定板厚度(mm)。

(三) 斜导柱侧向分型与抽芯机构结构设计

1. 斜导柱

斜导柱的形状多为圆柱形,为减少其与滑块的摩擦,可将其圆柱面铣扁,如图 5-12 所示。端部呈半球状或锥形,锥体角应大于斜导柱的倾角,以避免斜导柱有效工作长度部分脱离滑块斜孔之后,锥体仍有驱动作用。

斜导柱通常采用 45 钢、T10A、T8A 及 20 钢渗碳淬火制成,经热处理硬度在 55HRC 以上。表面粗糙度 R_a 不大于 $0.8 \mu\text{m}$ 。

斜导柱与其固定板采用 H7/m6 或 H7/n6 配合,与滑块斜孔采用较松的间隙配合,如 H11/d11 或留有 0.5~1mm 间隙。此间隙使滑块运动滞后于开模动作,且使分型面处打开一缝隙,使塑件在活动型芯未抽出前松动,然后驱动滑块抽芯。

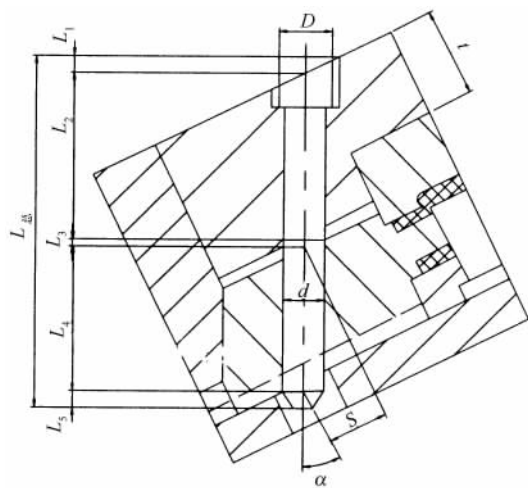


图 5-11 斜导柱的长度

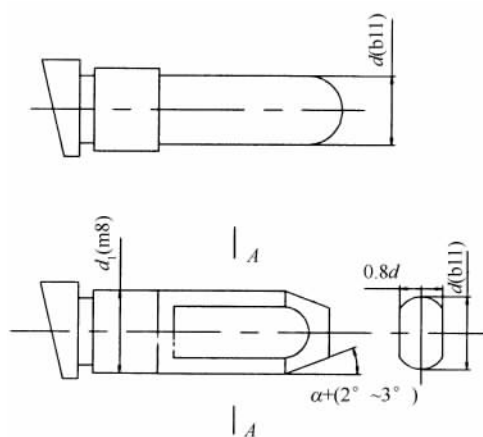


图 5-12 斜导柱形状

2. 滑块

滑块是斜导柱抽芯机构中的重要零部件,其上装有侧型芯或成型镶块,在斜导柱驱动下,实现侧抽芯或侧向分型。

滑块的结构形式主要有整体式和组合式。整体式适用于形状简单、便于加工的场所;组合式便于加工、维修和更换,并能节省优质钢材,被广泛采用。

滑块与侧型芯的连接方式如图 5-13 所示。对于尺寸较小的型芯,往往将型芯嵌入滑块,用中心销或骑缝销固定,如图 5-13(a)和图 5-13(b)所示。也可采用螺钉顶紧的形式,如图 5-13(d)所示。大尺寸型芯可用燕尾连接,如图 5-13(c)所示。薄片状型芯可嵌入通槽,再用销固定,如图 5-13(e)所示。多个小型芯可采用压板固定,如图 5-13(f)所示。

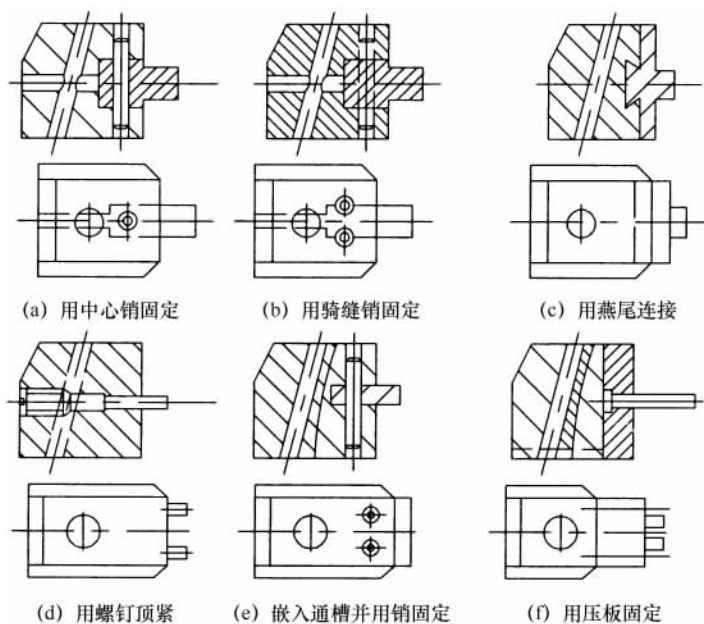


图 5-13 侧型芯与滑块的连接方式

滑块的材料为 45 钢或 T8、T10,硬度在 40HRC 以上。型芯用 CrWMn、T8 或 T10,硬度在 50HRC 以上。

3. 滑块的导滑槽

滑块与导滑槽的配合形式如图 5-14 所示。要求滑块运动平衡可靠,二者之间上下?左右各有一对平面配合,配合取 H7/f7,其余各面留有间隙。

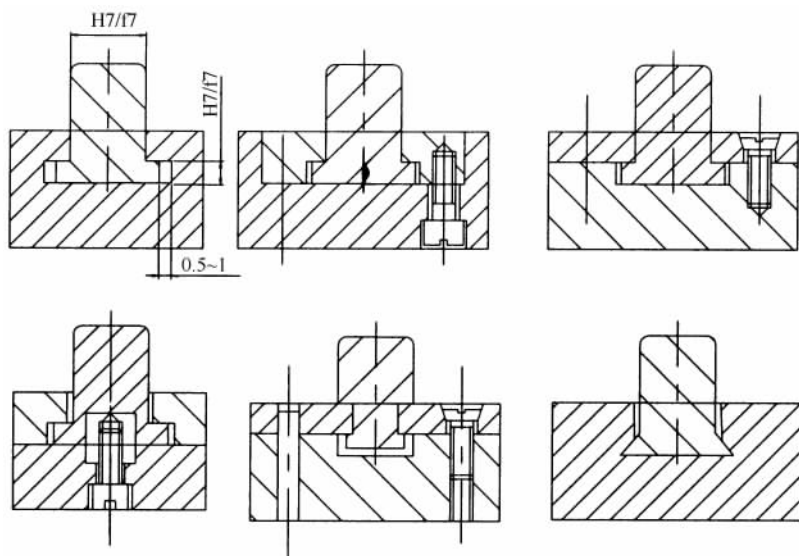


图 5-14 滑块与导滑槽的配合形式

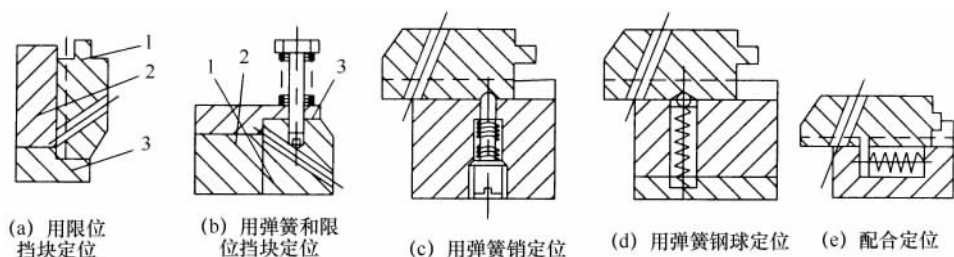
滑块的导滑部分应有足够的长度,以免运动中产生歪斜。一般导滑部分长度应大于滑块宽度的 $2/3$,否则滑块在开始复位时容易发生倾斜。导滑槽的长度不能太小,有时为了不增大模具尺寸,可采用局部加长的措施来解决。

导滑槽应有足够的耐磨性,硬度在 50HRC 以上。

4. 滑块定位装置

开模后,滑块必须停留在一定的位置上,否则闭模时斜导柱将不能准确地进入滑块,从而损坏模具,为此必须设置滑块定位装置。

滑块定位装置的形式如图 5-15 所示。图 5-15(a)和图 5-15(b)利用限位挡块定位。向上抽芯时,利用滑块自重靠在限位挡块上,如图 5-15(a)所示;其他方向抽芯则可利用弹簧使滑块停靠在限位挡块上定位,如图 5-15(b)所示,弹簧力应为滑块自重的 $1.5 \sim 2$ 倍。图 5-15(c)利用弹簧销定位。图 5-15(d)利用弹簧钢球定位。图 5-15(e)利用埋在导滑槽内的弹簧和挡板与滑块的沟槽配合定位。



1—滑块;2—导滑槽板;3—限位挡块

图 5-15 滑块定位装置的形式

5. 楔紧块

楔紧块的作用是模具闭合后锁紧滑块,承受成型时塑料熔体对滑块的推力,以免斜导柱变形。

为使开模时楔紧块迅速让开,以免阻碍斜销驱动滑块抽芯,楔紧块的楔紧角 α' 应大于斜导柱的倾斜角 α ,取 $\alpha'=\alpha+(2^\circ\sim3^\circ)$ 。

楔紧块的结构形式如图 5-16 所示。图 5-16(a)为整体式,这种结构牢固可靠,可承受较大的侧向力,但金属材料消耗量大;图 5-16(b)采用螺钉与销钉固定,结构简单,使用较广泛;图 5-16(c)利用 T 形槽固定楔紧块,销钉定位;图 5-16(d)采用楔紧块整体嵌入板的连接形式;图 5-16(e)、图 5-16(f)采用了两个楔紧块,起增强作用,适用于侧向力较大的场合。

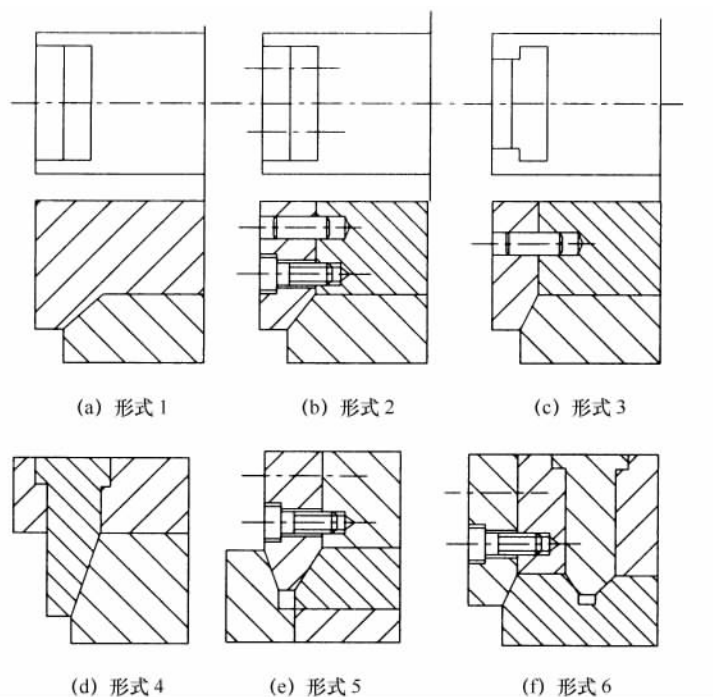


图 5-16 楔紧块的结构形式

三、斜滑块侧向分型与抽芯机构

如果塑件上的侧凹较浅(即所需的抽芯距较小),但侧凹的成型部分面积较大,则可采用斜滑块分型抽芯机构。斜滑块分型抽芯机构与斜导柱分型抽芯机构相比,具有结构简单、安全可靠、制造容易等优点,因此得到了较为广泛的应用。

(一) 斜滑块侧向分型与抽芯机构的结构形式

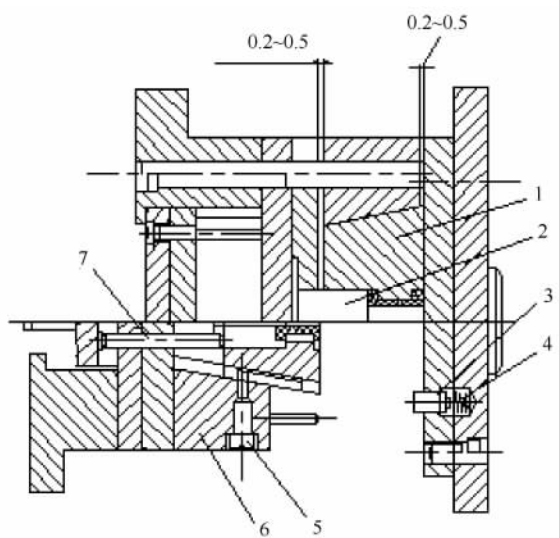
1. 滑块导滑的斜滑块侧向分型与抽芯机构

如图 5-17 所示为斜滑块外侧分型与抽芯机构。开模时,推杆 7 推动斜滑块 1 沿模套 6 上的导滑槽移动,在推出的同时向两侧分开,从而使塑件脱离型芯,并使抽芯动作同时进行。导滑槽的方向与斜滑块的斜面平行,限位螺钉 5 用以防止斜滑块从模套中脱出。

2. 斜滑杆导滑的斜滑块侧向分型与抽芯机构

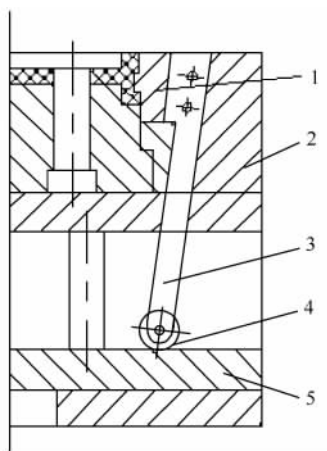
图 5-18 利用斜滑杆带动斜滑块 1 沿模套 2 的锥面方向运动来完成分型抽芯动作。斜滑杆是在推板 5 的驱动下工作的,设置滚轮 4 是为了减小摩擦。图 5-19 是利用斜滑杆导滑的斜滑块内侧分型与抽芯机构,斜滑杆头部即为成型滑块,凸模 1 上开有斜孔,在推出板 5 的作用下,斜滑杆沿斜孔运动,使塑件一面抽芯,一面脱模。

受斜滑杆刚度的限制,这种机构多用于抽芯力较小的场合。



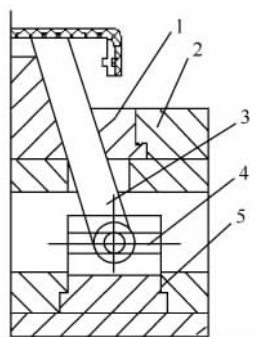
1—斜滑块;2—型芯;3—止动钉;4—弹簧;5—限位螺钉;6—模套;7—推杆

图 5-17 斜滑块外侧分型与抽芯机构



1—斜滑块;2—模套;3—斜滑杆;4—滚轮;5—推板

图 5-18 斜滑杆导滑的外侧分型与抽芯机构



1—凸模;2—模套;3—斜滑杆;4—滑座;5—推出板

图 5-19 斜滑杆导滑的内侧分型与抽芯机构

(二) 斜滑块侧向分型与抽芯机构设计要点

1. 斜滑块的导滑和组合形式

斜滑块的组合形式有多种,如图 5-20 所示。设计时应根据塑件外形、分型与抽芯方向合理组合。

组合既要满足外观质量要求,避免塑件有明显的拼合痕迹,又要使组合部分有足够的强度,还要使模具结构简单、制造方便、工作可靠。

按导滑部分的形状,斜滑块导滑形式分为多种,如图 5-21 所示。图 5-21(a)为矩形,图 5-21(b)和图 5-21(c)为半圆形,图 5-21(d)为燕尾形。矩形和半圆形制造简单,故应用广泛;燕尾形加工较困难,但结构紧凑,可根据具体情况选用。

斜滑块凸耳与导滑槽配合一般采用 IT9 级间隙配合。

2. 斜滑块的几何参数

斜滑块的导向斜角可比前述斜导柱的倾角大些,一般不超过 30° 。

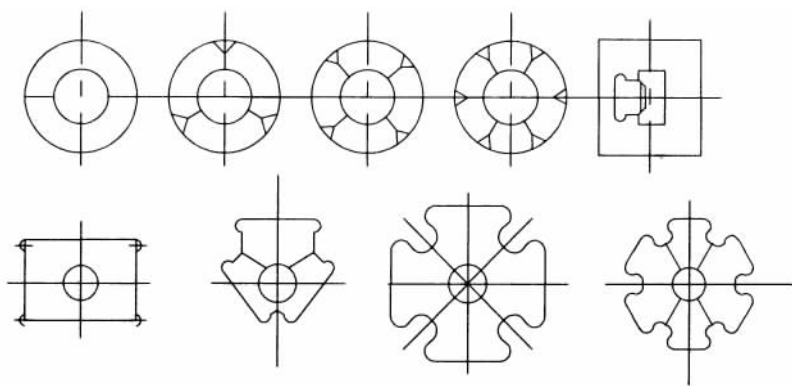


图 5-20 斜滑块的组合形式

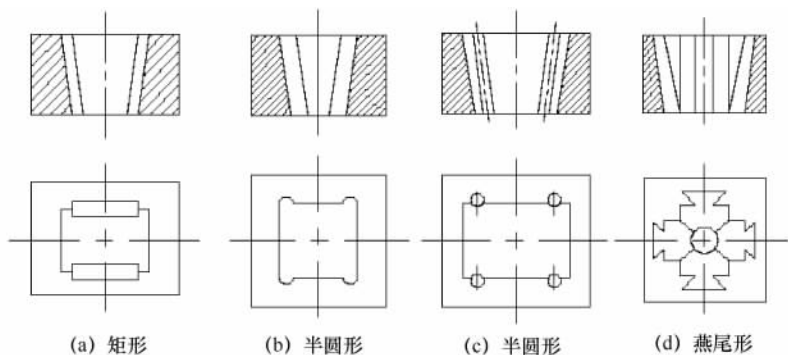


图 5-21 斜滑块的导滑形式

斜滑块的推出高度不宜过大,一般不宜超过导滑槽长度的 $2/3$,否则推出塑件时斜滑块容易倾斜。为防止斜滑块在开模时被带出模套,应设有限位螺钉。

为保证斜滑块分型面在合模时拼合紧密,注射时不发生溢料,减少飞边,斜滑块底部与模套间要留有 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 间隙;斜滑块顶部高出模套 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$,以保证斜滑块与模套的配合面磨损后,仍保持拼合紧密。内侧抽芯时,斜滑块的端面不应高于型芯端面,在零件允许的情况下,在低于型芯端面 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$,如图 5-22 所示。否则,斜滑块端面陷入塑件底部,在推出塑件时将阻碍斜滑块的径向移动。

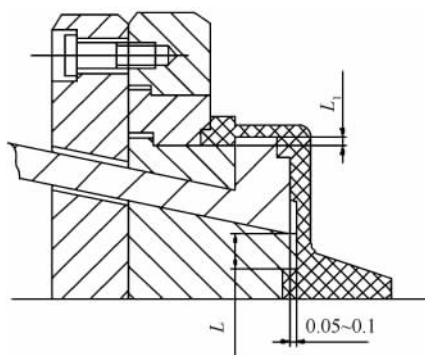
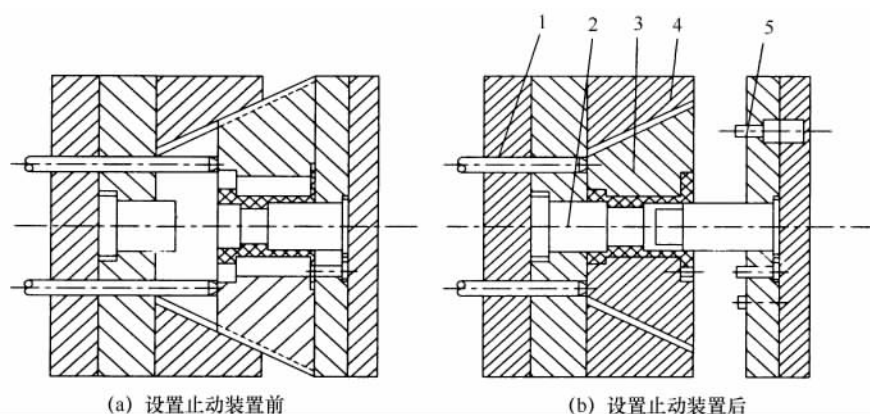


图 5-22 斜滑块端面结构

3. 滑块的止动

有时由于塑件的形状特点,成型时塑件对定模部分的包紧力大于动模部分,开模时可能出现斜滑块随定模移动,导致塑件损坏或滞留在定模,如图 5-23(a)所示。为了强制塑件留在动模侧,需要设置止动装置。

滑块止动的结构形式如图 5-23(b)所示。开模后止动销 5 在弹簧作用下压紧斜滑块的端面,使其暂时不从模套中脱出,当塑件从定模脱出后,再由推杆 1 使斜滑块侧向分型并推出塑件。如图 5-24 所示,在斜滑块上钻一小孔,与固定在定模上的止动销采用间隙配合。开模时,在止动销的约束下斜滑块无法向侧向运动,起到了止动作用。只有开模至止动销脱离斜滑块的销孔,斜滑块才在推出机构的作用下侧向分型并推出塑件。



1—推杆;2—动模型芯;3—斜滑块;4—瓣合式凹模镶块;5—止动销

图 5-23 斜滑块止动结构(一)

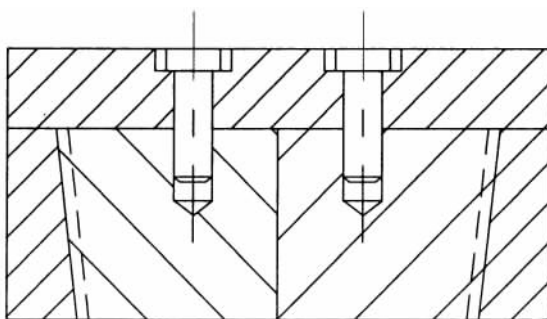


图 5-24 斜滑块止动结构(二)

【实训操作】 运用 UG 软件进行手机面板注射模具设计。

下面将根据工作流程详细地介绍图 0-4 所示手机面板的设计过程,以便读者了解并掌握注塑模具的设计过程。

1. 打开文档,分析工艺与模具结构


(1) 工艺分析

打开文档,如图 0-4 所示。分析产品结构可知产品分型面为平面,产品中间有比较多的碰穿孔,这些碰穿孔基本上都分在定模侧。


(2) 模具结构分析

模具采用两板模结构。产品侧边有三处倒扣,可采用侧抽芯滑块成型。根据塑件结构和精度要求等决定采用一模一穴的型腔布局方式,所以产品进胶采用边缘搭接进胶方式,既可提高进料的速度,又使浇口对塑件外观影响最小,如图 5-25 所示。另外,如图 5-26 所示,塑件有几处骨位比较深,因此需要设计镶件。设计镶件的主要目的,一是可以增强排气,利于填充;二是方便抛光。

2. 把产品中心坐标与绝对坐标对齐

第 1 步:单击  按钮→选择“所有应用模块”→单击“注塑模向导”。

第 2 步:按 Ctrl+M 快捷键转到建模环境下。

第 3 步:单击  按钮→系统弹出“创建方块”对话框,把“默认间隙”设置为“0”(见图 5-27)→按 F8 键放正产品,选择产品的最大边缘面(见图 5-28)→单击“确定”按钮。创建的方块如图 5-29 所示。

第 4 步:单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击“原点”。

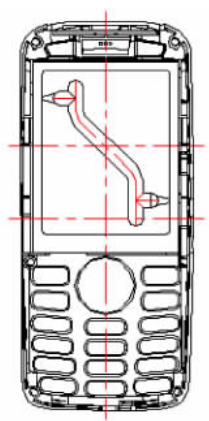


图 5-25 浇口位置

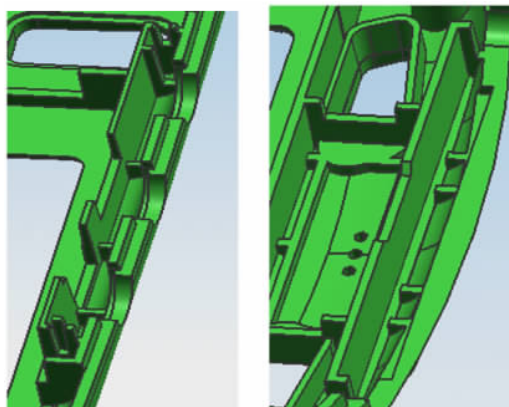


图 5-26 需要设计镶件的位置



图 5-27 “创建方块”对话框

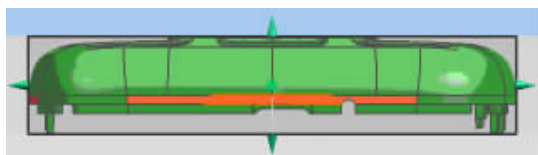


图 5-28 选择产品最大边缘面

第 5 步:系统自动弹出“点”对话框(见图 5-30),在“类型”列表中选择“面上的点”,选择方块底面→“U 向参数”以及“V 向参数”都设置成“0.5”→单击“确定”按钮。工作坐标置于图 5-31所示的位置。

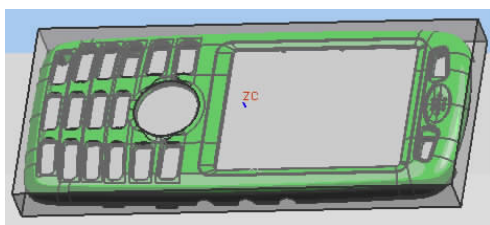


图 5-29 创建的方块



图 5-30 “点”对话框

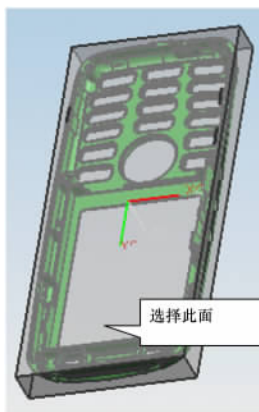


图 5-31 工作坐标

第 6 步:单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→系统自动弹出“移动对象”对话框(见图 5-32)。



第 7 步:框选创建的方块以及产品→在“运动”列表中选择“CSYC 到 CSYC”→单击“指定从 CSYS”栏中的按钮→系统自动弹出“CSYS”对话框→在“参考”列表中选择“WCS”选项→单击“确定”按钮(见图 5-33)。



图 5-32 “移动对象”对话框



图 5-33 “CSYS”对话框

第 8 步:单击“指定到 CSYS”栏中的按钮→系统自动弹出“CSYS”对话框→在“参考”列表中选择“绝对”选项→单击“确定”按钮(见图 5-34)。

第 9 步:在“移动对象”对话框中,选中“移动原先的”复选框→单击“确定”按钮。

第 10 步:单击“信息”菜单→单击“点”按钮→系统自动弹出“点”对话框→选取图 5-35 所示的产品边缘端点→系统自动弹出一个“信息”文本框显示该点的相关信息,其中它的绝对坐标值如图 5-36 所示,把点的 Z 方向的绝对坐标值复制下来。



图 5-34 “CSYS”对话框

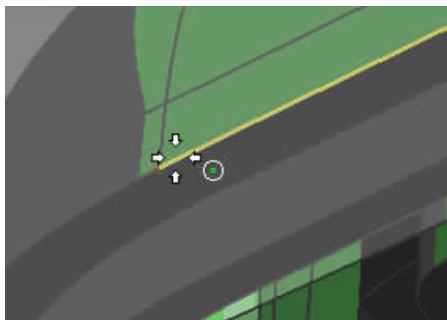


图 5-35 选择产品边缘端点

第 11 步:单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→系统自动弹出“移动对象”对话框(见图 5-37)。在“运动”列表中选择“距离”选项→选择与 Z 的正方向一致的方向作为矢量→在“距离”

文本框中粘贴上一步复制的 Z 坐标值,并在前面加上负号→单击“确定”按钮。

第 12 步:单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击“定向”按钮→系统弹出“CSYS”对话框→在“参考”列表中选择“绝对”选项→单击“确定”按钮(见图 5-38)。

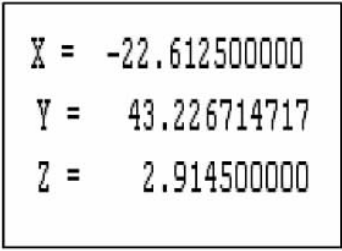


图 5-36 点的绝对坐标值



图 5-37 “移动对象”对话框

第 13 步:参考第 10 步的操作,分别选择方块底面的对角点,可以通过对角点的坐标值确认工作坐标与绝对坐标是否对齐。从图 5-39 所示的坐标值可以看出工作坐标与绝对坐标已对齐。



图 5-38 “CSYS”对话框

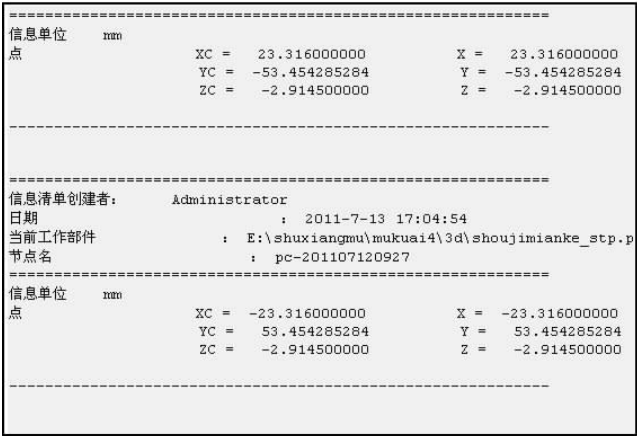


图 5-39 方块底面对角点的坐标值

第 14 步:通过图层管理把方块放入图层 256 中,或直接删除。

3. 抽取复制一个产品

第 1 步:单击“插入(S)”菜单→选择“关联复制(A)”→选择“抽取(E)...”→在弹出的“抽取”对话框中(见图 5-40)的“类型”列表中选择“体”→选择原始产品→在对话框中的“设置”栏中,选中“隐藏原先的”复选框→单击“确定”按钮。

第 2 步:把抽取来的产品放置到图层 5 中。选中产品→单击“格式(R)”菜单→选择“移动至图层(M)...”→在弹出的“图层移动”对话框(见图 5-41)中,将目标图层设为图层 5→单击“确定”按钮。



图 5-40 “抽取”对话框



图 5-41 “图层移动”对话框

第 3 步:把原始产品放在图层 4 并关闭,显示图层 5。按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框(见图 5-42),把图层 5 关闭。

第 4 步:按 Ctrl+Shift+U 快捷键把隐藏的原始产品显示出来,按第 2 步的方法把原始产品移至图层 4 中。

第 5 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 5 打开,关闭图层 4。

4. 设置收缩率

第 1 步:单击“插入”菜单→选择偏置/缩放(O)→选择缩放体(S)。

第 2 步:在弹出的“缩放体”对话框(见图 5-43)中的“类型”列表中选择“均匀”选项→选择产品→将“比例因子”设为“1.005”(即收缩率+1)→单击“确定”按钮。

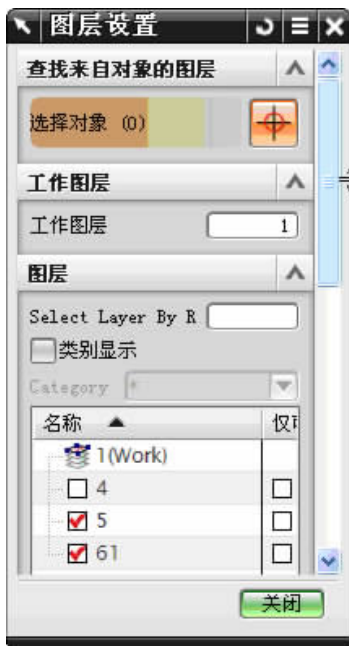


图 5-42 “图层设置”对话框



图 5-43 “缩放体”对话框

5. 确定型腔数量以及布局产品

模具采用一模一穴的型腔布局方式。

6. 确定工件尺寸以及创建工作件

第 1 步:先创建一个基准坐标系。单击“插入”菜单→选择 **基准/点(D)** →单击 **基准 CSYS...** →在弹出的“基准 CSYS”对话框的“类型”列表中选择“动态”→在“参考”列表中选择“WCS”→单击“确定”按钮(见图 5-44)。

第 2 步:单击 **拉伸** 按钮→系统自动弹出“拉伸”对话框(见图 5-45)→选择“X-Y”平面作为草绘平面,系统自动转入草绘状态→绘制如图 5-46 所示的草绘图形→单击 **完成草图** 按钮。

第 3 步:系统自动返回“拉伸”对话框,设置“开始距离”为“-30”,“结束距离”为“30”,单击“确定”按钮。

第 4 步:选择工件实体→按 Ctrl+J 快捷键打开“编辑对象显示”对话框→按图 5-47 所示把工件改成半透明的。创建的工件如图 5-48 所示。



图 5-44 “基准 CSYS”对话框



图 5-45 “拉伸”对话框

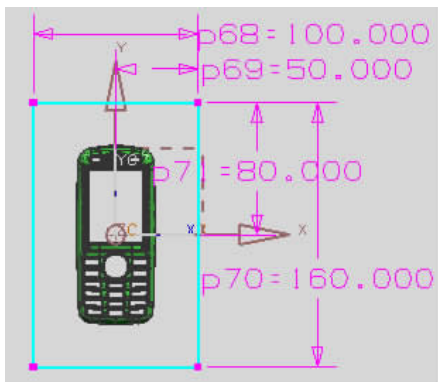


图 5-46 草绘图形

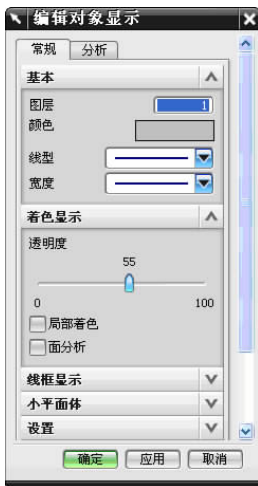


图 5-47 “编辑对象显示”对话框

7. 创建分型面以及修补破孔面

第 1 步:用“拉伸”命令草绘图 5-49 所示的一条直线→按 Ctrl+Q 快捷键退出草绘→设置

好拉伸距离(见图 5-50)→单击“确定”按钮,得到如图 5-51 所示的分型面。

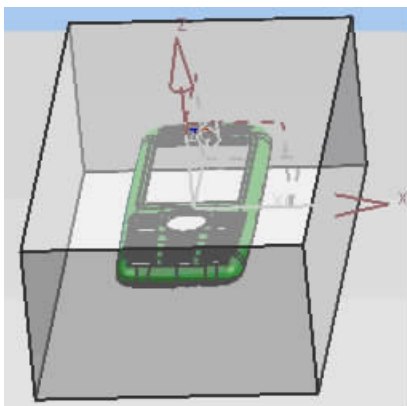


图 5-48 创建的工件

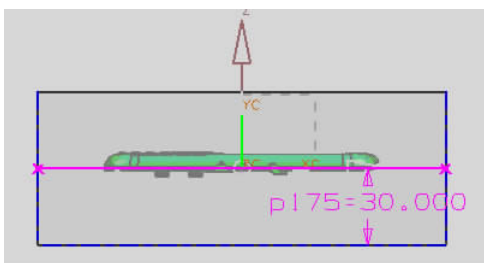


图 5-49 草绘一条直线



图 5-50 “拉伸”对话框

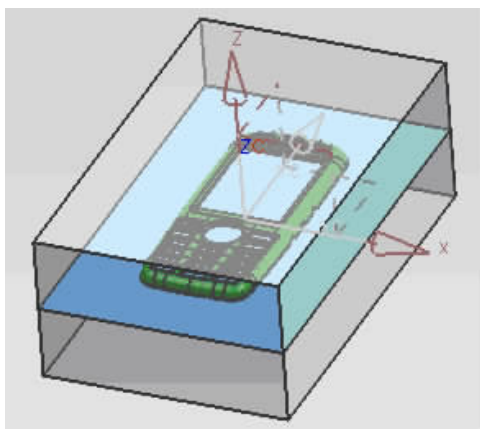


图 5-51 创建的分型面

第 2 步:单击“拉伸”按钮→系统自动弹出“拉伸”对话框(见图 5-52)→选择产品枕位处的边(见图 5-53)→选取与 Y 正方向一致的方向作为矢量→设置拉伸距离为“10”→单击“确定”按钮。

第 3 步:单击“拉伸”按钮→系统自动弹出“拉伸”对话框→选择工件侧边作为草绘平面→绘制图 5-54 所示的直线→按 Ctrl+Q 快捷键退出草绘→设置拉伸距离为“-80”→单击“确定”按钮。拉伸完成的面如图 5-55 所示。

第 4 步:单击“插入”菜单→选择“修剪”→单击“修剪的片体”。

第 5 步:系统自动弹出“修剪的片体”对话框(见图 5-56)→选择从侧边拉伸的面作为目标体,选择沿枕位方向拉伸的面作为边界对象(见图 5-57)→选择“舍弃”单选按钮→单击“确定”按钮。



图 5-52 “拉伸”对话框

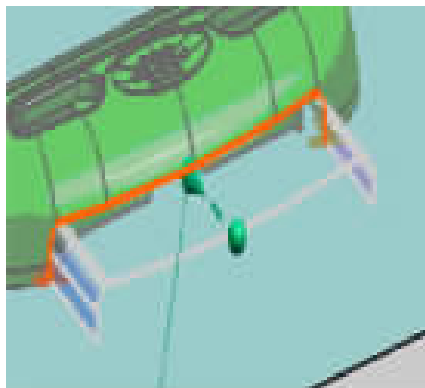


图 5-53 选择枕位处的边

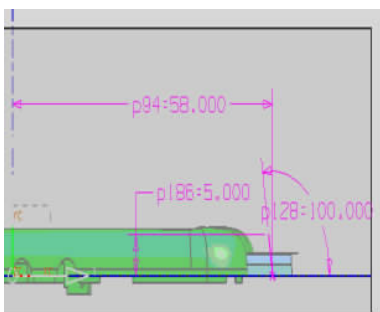


图 5-54 草绘的直线

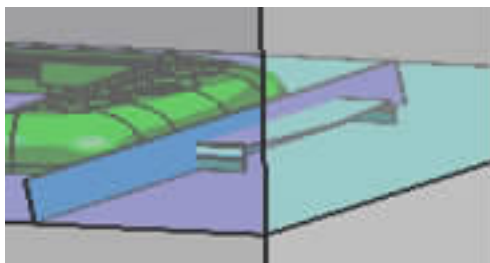


图 5-55 拉伸完成的面



图 5-56 “修剪的片体”对话框

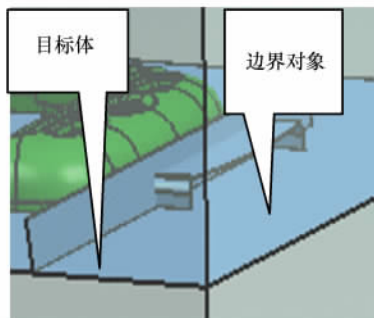


图 5-57 选择面

第 6 步: 参考第 4~5 步的操作, 完成沿枕位方向拉伸的面的修剪。完成修剪后的枕位如图 5-58 所示。

第 7 步:沿 X 方向拉伸侧边的枕位面,拉伸距离为 30,如图 5-59 所示。

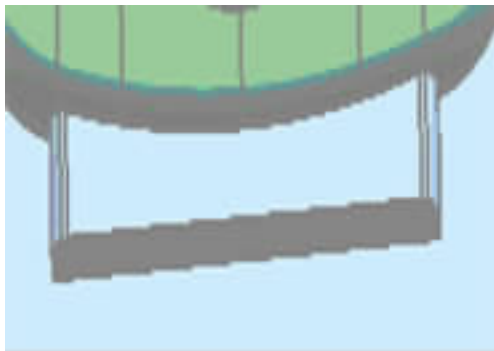


图 5-58 完成修剪后的枕位

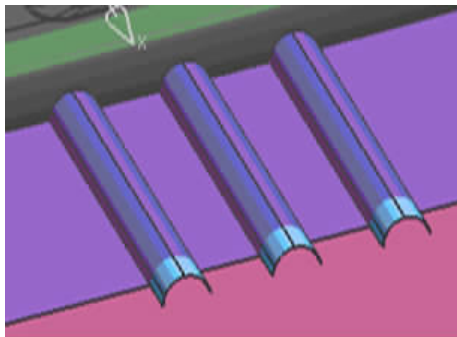


图 5-59 拉伸侧边的枕位面

第 8 步:选择“拉伸”命令→绘制图 5-60 所示的直线→设置拉伸距离为 -120,拉伸出图 5-61 所示的面。

第 9 步:参考第 4~5 步的操作,完成枕位各个面的修剪,如图 5-62 所示。

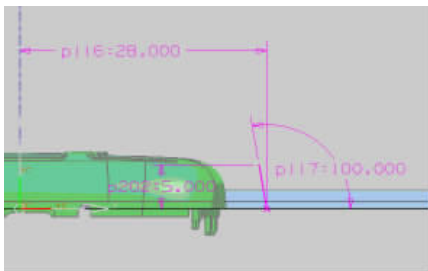


图 5-60 草绘的直线

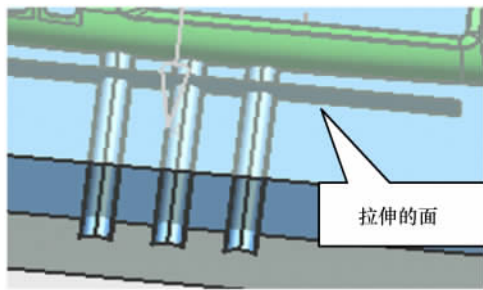


图 5-61 拉伸的面

第 10 步:参考第 8~9 步的操作,完成尾部枕位面的创建,如图 5-63 所示。

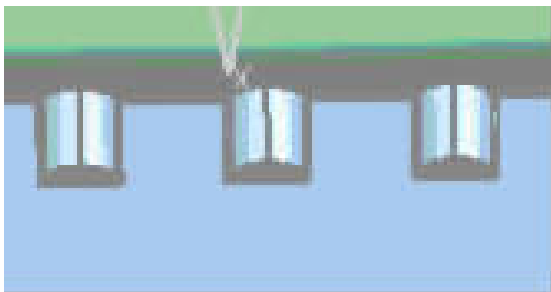


图 5-62 完成侧边枕位面的修剪

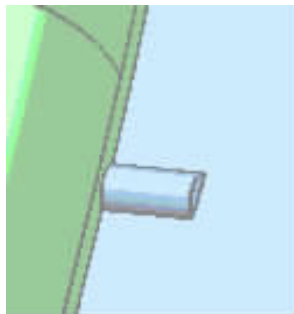


图 5-63 完成尾部枕位面的创建

第 11 步:单击“插入”菜单→选择“组合体”→单击“缝合”,系统自动弹出“缝合”对话框(见图 5-64)→选择枕位的任意一个面作为目标体,选择另一个面作为刀具体→单击“确定”按钮(见图 5-65)。

第 12 步:参照以上操作完成其他枕位面的缝合。

第 13 步:单击“插入”菜单→选择“修剪”→单击“修剪的片体”,系统自动弹出“修剪的片体”对话框(见图 5-66)→选择大的分型面作为目标体,选择产品边缘以及枕位边缘作为边界

对象(见图 5-67)→选择“保持”单选按钮→单击“确定”按钮。修剪后的分型面如图 5-68 所示。



图 5-64 “缝合”对话框

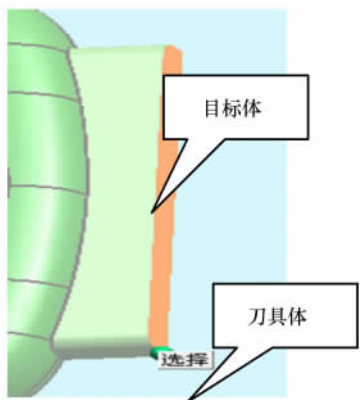


图 5-65 选择面



图 5-66 “修剪的片体”对话框

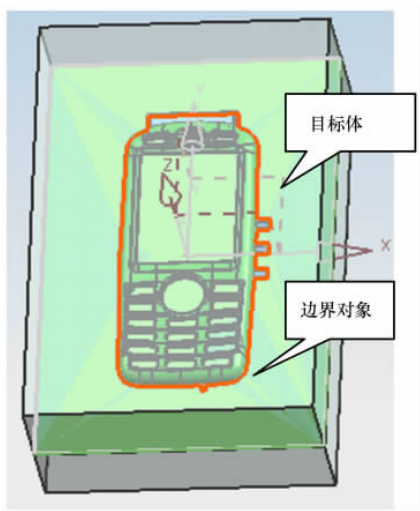



图 5-67 选择边界


第 14 步:缝合所有的面。

第 15 步:按 Ctrl+B 快捷键→选择工件,将其隐藏。

第 16 步:单击  按钮→系统自动弹出“选择面”对话框(见图 5-69)→选择碰穿孔的底面,如图 5-70 所示→系统自动选中碰穿孔的边缘,并弹出“选择孔”对话框(见图 5-71)→单击“确定”按钮→系统返回到“选择面”对话框。

第 17 步:选择其他任意一个碰穿孔的底面→系统自动选中碰穿孔的边缘,并弹出“选择孔”对话框→单击“确定”按钮→系统返回到“选择面”对话框。

第 18 步:重复上一步,完成其他碰穿孔的修补,修补好的碰穿孔如图 5-72 所示。

第 19 步:单击  按钮→系统自动弹出“开始遍历”对话框→取消选中“按面的颜色遍历”(见图 5-73)。

第 20 步:选择碰穿孔的一条边→系统自动弹出“曲线/边选择”对话框(见图 5-74)→如果所选的边是所需要的边,就单击“接受”按钮;如果不是,就单击“下一个路径”按钮,直到选中所需的边再单击“接受”按钮,把碰穿孔所有的边都选中→单击“确定”按钮。

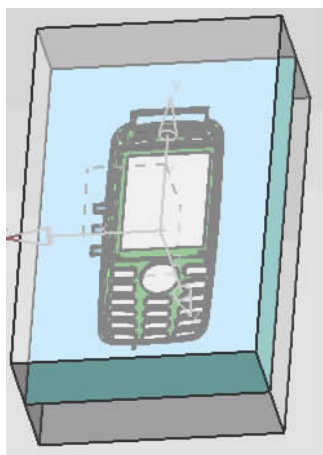


图 5-68 修剪后的分型面



图 5-69 “选择面”对话框

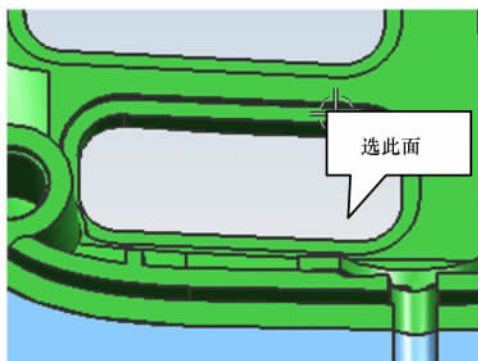


图 5-70 选择面



图 5-71 “选择孔”对话框

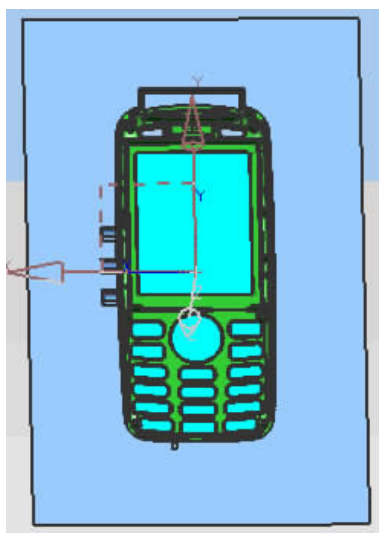


图 5-72 修补好的碰穿孔



图 5-73 “开始遍历”对话框

第 21 步:系统自动返回到“开始遍历”对话框→参照上一步的操作,把另一个碰穿孔的面也补上,补好的两个碰穿孔如图 5-75 所示。


第 22 步:单击按钮→系统自动弹出“选择面”对话框→选择图 5-76 所示的面→系统自动弹出“扩大片体”对话框→取消选中“切到边界”以及“作为现有曲面”,把 U、V 各值设置为“60”→单击“确定”按钮(见图 5-77)。



图 5-74 “曲线/边选择”对话框

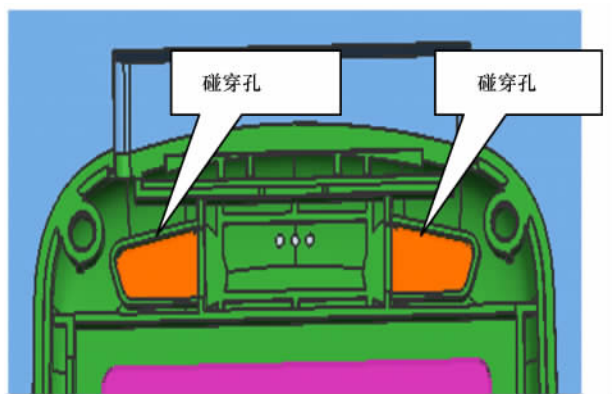


图 5-75 补好的两个碰穿孔

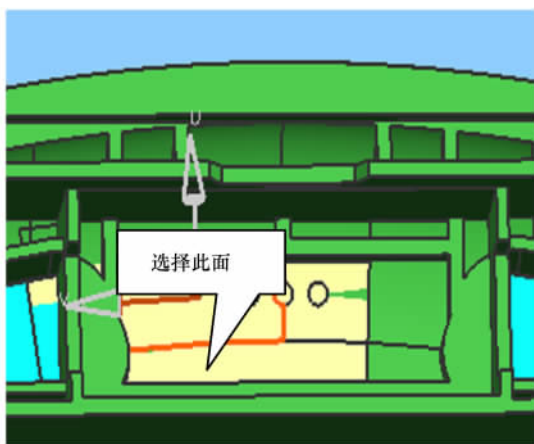


图 5-76 选择放大的面

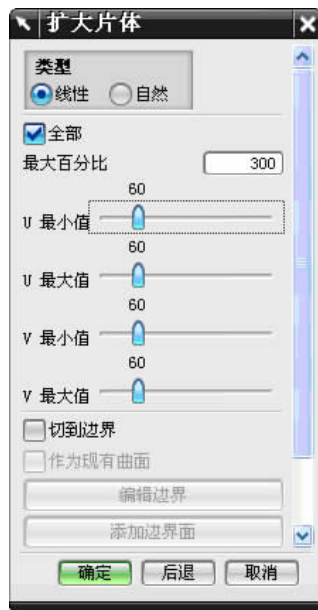



图 5-77 “扩大片体”对话框

第 23 步:把其余的面修剪掉,保留碰穿孔的部分。修剪后的碰穿孔如图 5-78 所示。

第 24 步:重复以上操作,完成其他两个碰穿孔的修补。修补好的碰穿孔如图 5-79 所示。

第 25 步:单击抽取→系统自动弹出“抽取”对话框(见图 5-80)→在“类型”列表中选择“面区域”选项→选择产品型腔侧任意一个面作为种子面,如图 5-81 所示。

第 26 步:选择产品所有碰穿孔底面周边以及产品边缘的底面作为边界面,如图 5-82 所示。

第 27 步:选中“抽取”对话框中的“遍历内部边”复选框→在“设置”选项栏中,取消选中“删除孔”复选框,选中其余的复选框→单击“确定”按钮。抽取的型腔面如图 5-83 所示。

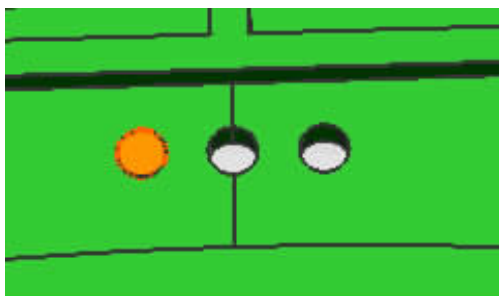


图 5-78 修剪后的碰穿孔

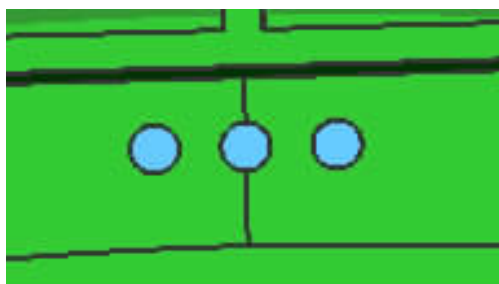


图 5-79 修补好的碰穿孔



图 5-80 “抽取”对话框

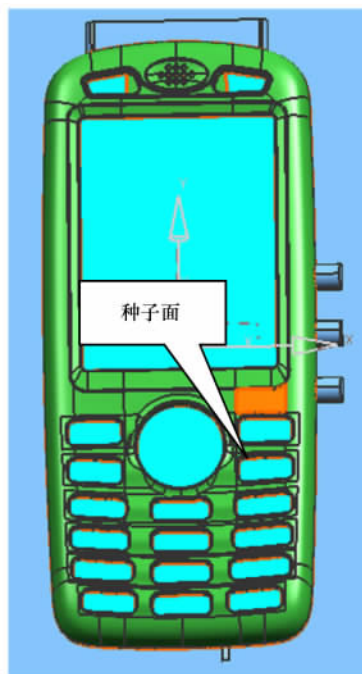


图 5-81 选择种子面

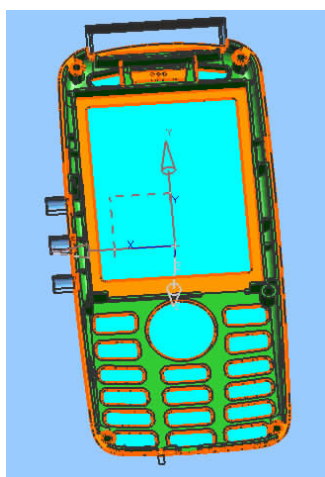


图 5-82 选择边界面

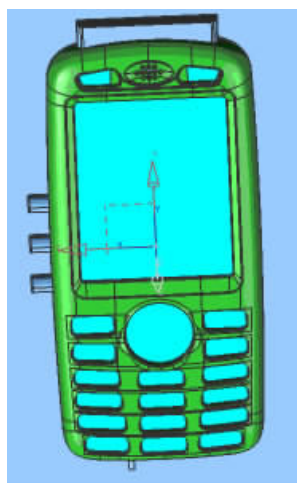


图 5-83 抽取的型腔面

第 28 步:选中最大分型面、产品型腔侧的面以及听筒部分三个小碰穿孔的面→单击“格式”菜单→选择“移动至图层”→在弹出的“图层移动”对话框中的目标图层中输入“28”→单击“确定”按钮。

第 29 步:选中最大分型面以及听筒部分三个小碰穿孔的面→单击“格式”菜单→选择“复制至图层”→在弹出的“图层复制”对话框中的目标图层中输入“27”→单击“确定”按钮。

第 30 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把其他图层关闭,只打开图层 28。

第 31 步:单击“缝合”命令→选择最大分型面作为目标体,选择产品型腔面以及所有碰穿孔修补面作为刀具体(见图 5-84)→单击“确定”按钮。缝合后的型腔分型面如图 5-85 所示。

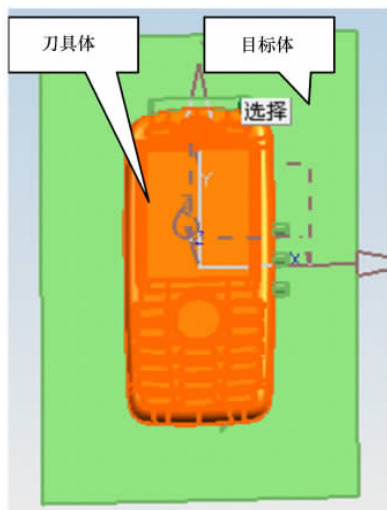


图 5-84 缝合时选择面

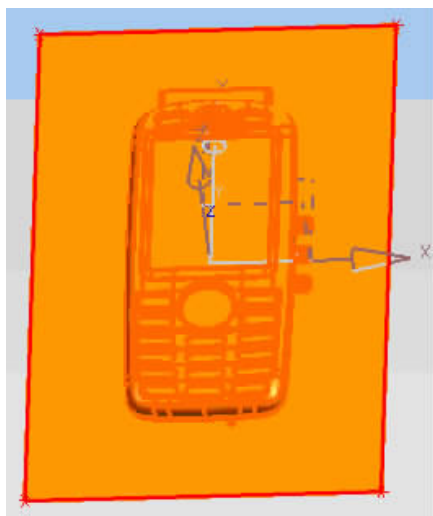



图 5-85 缝合后的型腔分型面

第 32 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 28 关闭,只打开图层 5 及图层 27。

第 33 步:单击  抽取→系统自动弹出“抽取”对话框→在“类型”列表中选择“面区域”选项→选择产品型芯侧任意一个面作为种子面,如图 5-86 所示。

第 34 步:选择产品所有碰穿孔周围面以及产品型腔侧边缘面作为边界面,如图 5-87 所示。

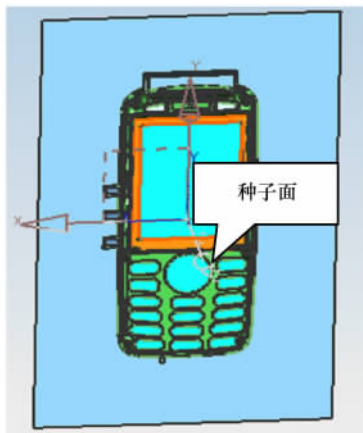


图 5-86 选择种子面

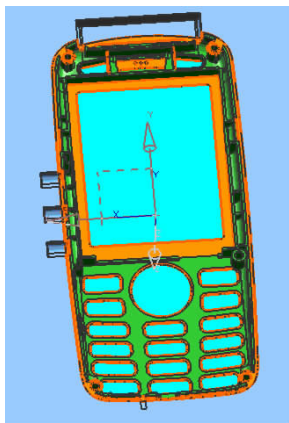


图 5-87 选择边界面

第 35 步:选中“抽取”对话框中的“遍历内部边”复选框→在“设置”选项栏中,取消选中“删除孔”复选框,选中其余的复选框→单击“确定”按钮。抽取的型芯面如图 5-88 所示。

第 36 步:通过“移动至图层”命令把抽取的型芯面移动到图层 27。

第 37 步:单击“缝合”命令→选择最大分型面作为目标体,选择产品型芯面以及所有碰穿孔修补面作为刀具体(见图 5-89)→单击“确定”按钮。缝合后的型芯分型面如图 5-90 所示。

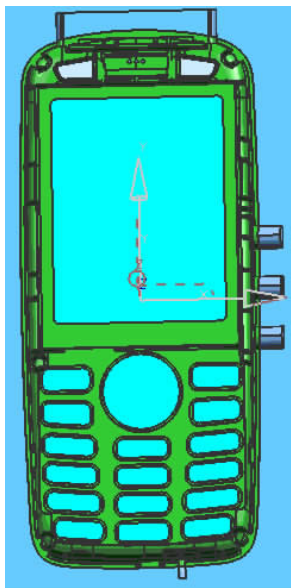


图 5-88 抽取的型芯面

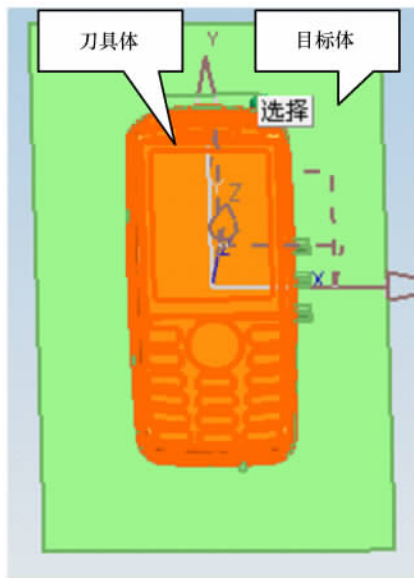


图 5-89 缝合时选择面

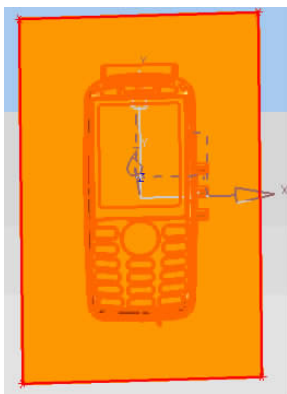


图 5-90 缝合后的型芯分型面




图 5-91 “分割实体”对话框(一)

第 38 步:按 Ctrl+Shift+U 快捷键显示工件,然后通过“移动至图层”命令把工件移动到图层 7。

第 39 步:通过“复制至图层”命令把工件复制到图层 8。

8. 创建型腔和型芯

第 1 步:在模具工具栏中单击“分割实体”按钮→系统弹出“分割实体”对话框(见图 5-91)→选择工件→“分割实体”对话框变成图 5-92 所示的形式→选中“由实体、片体、基准平面分割”复选框→选择型芯分型面→单击“确定”按钮→系统弹出“修剪方法”对话框(见图 5-93)→单击“确定”按钮→系统自动返回到“分割实体”对话框→单击“取消”按钮。完成分割后的型

芯如图 5-94 所示。

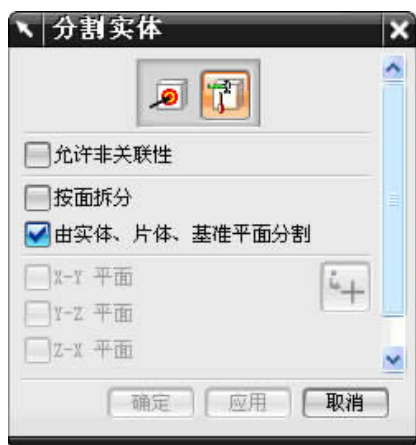



图 5-92 “分割实体”对话框(二)



图 5-93 “修剪方法”对话框

第 2 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 7、图层 27 关闭,打开图层 8 及图层 28。

第 3 步:在模具工具栏中单击分割实体按钮→系统弹出“分割实体”对话框(见图 5-91)→选择工件→“分割实体”对话框变成图 5-92 所示的形式→选中“由实体、片体、基准平面分割”复选框→选择型腔分型面→单击“确定”按钮→系统弹出“修剪方法”对话框(见图 5-93)→单击“翻转修剪”按钮→系统自动返回到“分割实体”对话框→单击“取消”按钮。完成分割后的型腔如图 5-95 所示。

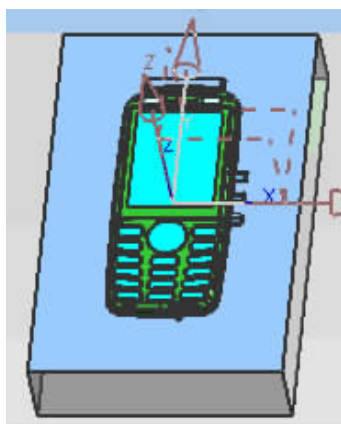


图 5-94 完成分割后的型芯

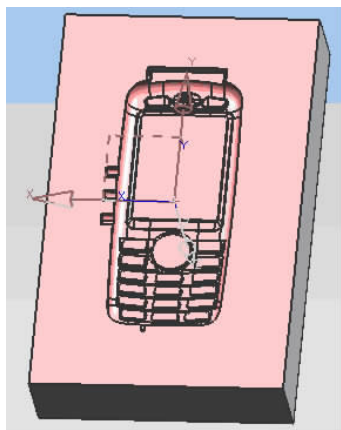




图 5-95 完成分割后的型腔

9. 创建滑块

第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,关闭其他图层,只打开图层 7 与图层 8。

第 2 步:单击装配导航器按钮→在“描述性部件名”上单击鼠标右键→在弹出的菜单中选择“WAVE 模式”。

第 3 步:在装配导航器中右键单击产品名称shoujijianke.stp→选择“WAVE”→单击“新建级别”→系统自动弹出“新建级别”对话框(见图 5-96)→单击“指定部件名”按钮→系统自动

弹出“选择部件名”对话框(见图 5-97),在“文件名”组合框中输入“A01”→单击“OK”按钮→系统返回到“新建级别”对话框(见图 5-98)→单击“类选择”按钮→系统自动弹出“WAVE 组件间的复制”对话框(见图 5-99)→选择型腔实体(见图 5-100)→单击“确定”按钮→系统返回“新建级别”对话框→单击“确定”按钮。装配导航器目录如图 5-101 所示。



图 5-96 “新建级别”对话框

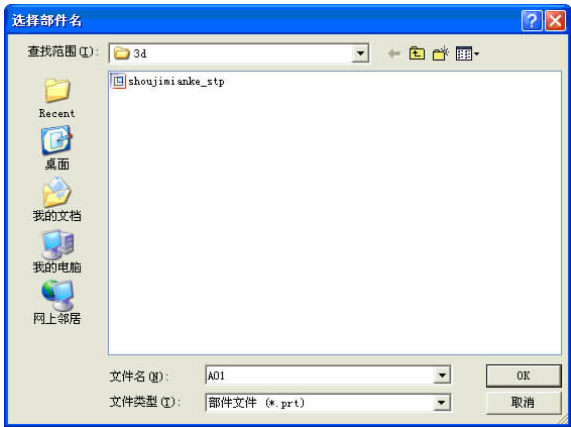


图 5-97 “选择部件名”对话框

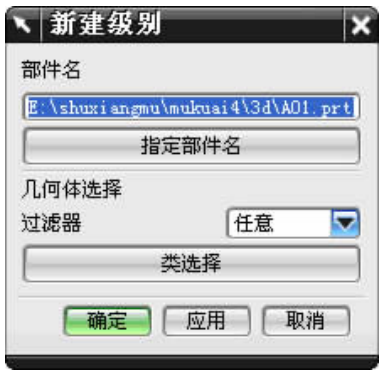


图 5-98 “新建级别”对话框



图 5-99 “WAVE 组件间的复制”对话框

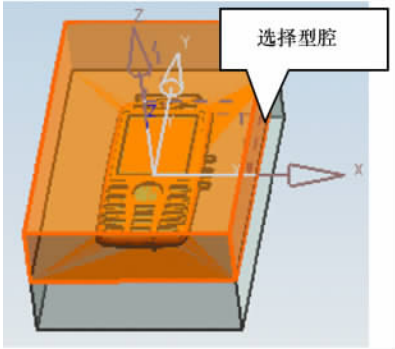


图 5-100 选择型腔

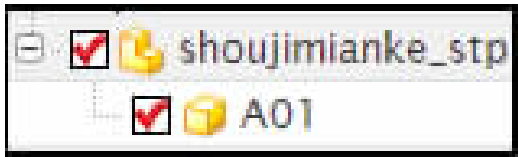





图 5-101 装配导航器目录


第4步:按类似的操作完成新组件 b01 的创建。所不同的是这里选择型芯实体。完成后装配导航器目录如图 5-102 所示。

第5步:右键单击装配导航器目录中的“A01”→单击  按钮→单击  按钮。

第6步:系统自动转到 A01 部件的工作环境中,绘图区域是空的,按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,打开图层 8。绘图区域显示出型腔模型。

第7步:单击“窗口”菜单→单击  →返回到分模部件的环境。

第8步:参照第 5~7 步的操作,显示 b01 的文档,并返回到分模部件的环境。


第9步:双击装配导航器中的  →取消选中“b01”,把 b01 隐藏。

第10步:用“移动至图层”命令把型腔、型芯分别移到图层 18 和图层 17。

第11步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,关闭图层 17 与图层 18,打开图层 7 与图层 8。

注意:这里把原来的型芯与型腔隐藏掉,而分别用 b01、A01 部件复制了它们的实体。后续就把 A01 部件当成型腔,b01 部件当成型芯。

第12步:在装配导航器中显示 A01、b01。

第13步:在装配导航器中右键单击产品名称  →选择“WAVE”→单击“新建级别”→系统自动弹出“新建级别”对话框(见图 5-96)→单击“指定部件名”按钮→系统自动弹出“选择部件名”对话框(见图 5-97),在“文件名”组合框中输入“B-S01”→单击“OK”按钮→系统返回到“新建级别”对话框(见图 5-98)→单击“确定”按钮。

第14步:参照上一步的操作创建新部件 B-S02。装配导航器目录如图 5-103 所示。

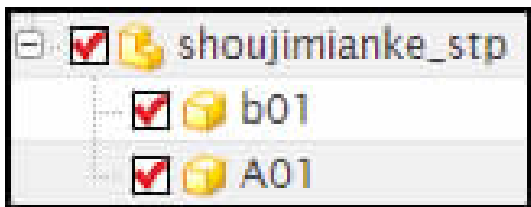


图 5-102 装配导航器目录(一)

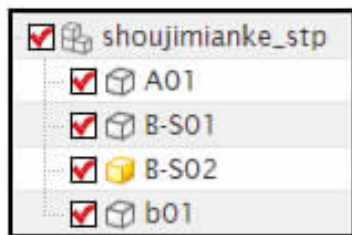


图 5-103 装配导航器目录(二)

第15步:在装配导航器目录中双击“B-S01”→单击  按钮→单击  按钮。

第16步:单击“插入”菜单→选择“关联复制”→单击“WAVE 几何链接器”→系统自动弹出“WAVE 几何链接器”对话框,在“类型”列表中选择“体”选项→选择型芯→选中“关联”和“固定于当前时间戳记”复选框,其他的取消选中→单击“确定”按钮(见图 5-104)。

第17步:参照第 15~16 步,把型芯也链接复制到 B-S02。

第18步:把 B-S01 设置为显示部件。

第19步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,打开图层 7。

第20步:插入一个基准坐标系→单击“拉伸”命令→绘制图 5-105 所示的滑块头的草绘图,头部草绘放大图如图 5-106 所示,拉伸高度为 8mm→拉伸后得到图 5-107 所示的滑块头。


第21步:单击  按钮→系统弹出“创建方块”对话框→选择图 5-108 所示的 4 个面创建一个方块(见图 5-109)。



图 5-104 “WAVE 几何链接器”对话框

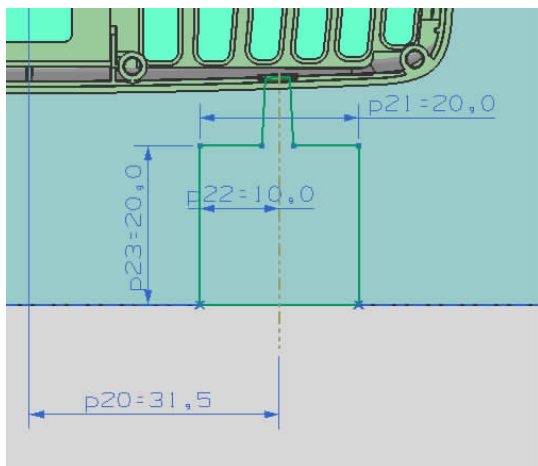


图 5-105 滑块头的草绘图

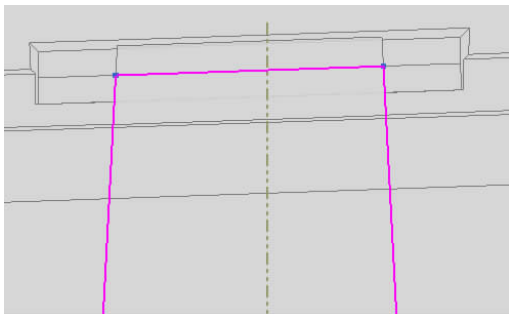


图 5-106 头部草绘放大图

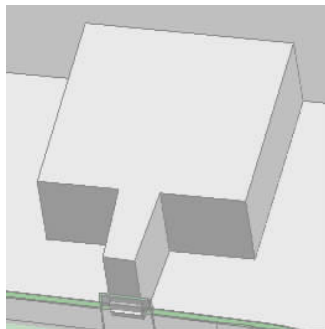


图 5-107 拉伸的滑块头

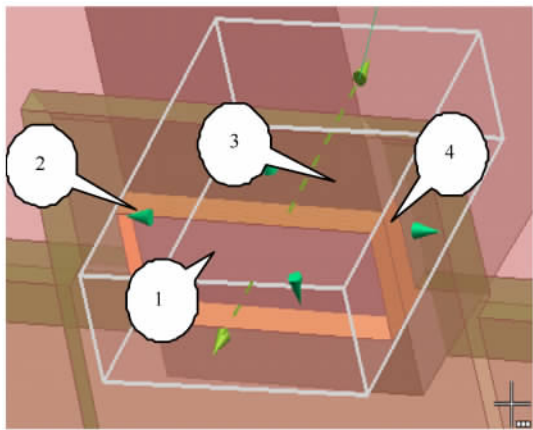


图 5-108 选择 4 个面

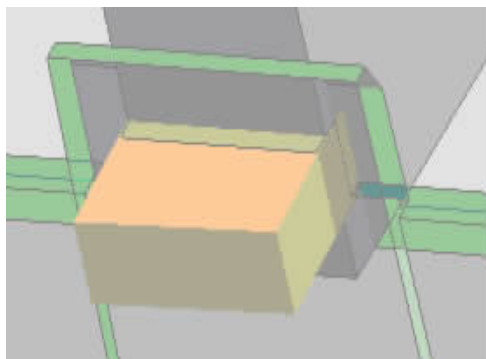


图 5-109 创建好的方块

第 22 步:单击“插入”菜单→选择“同步建模”→单击“替换面”→系统弹出“替换面”对话框(见图 5-110)→分别选择图 5-111 所示的两个面作为“要替换的面”和“替换面”→单击“确定”按钮。

第 23 步:按 Ctrl+B 快捷键把其他实体隐藏,只显示方块以及滑块头,并把方块局部着色,渲染样式选择“局部着色”。



图 5-110 “替换面”对话框

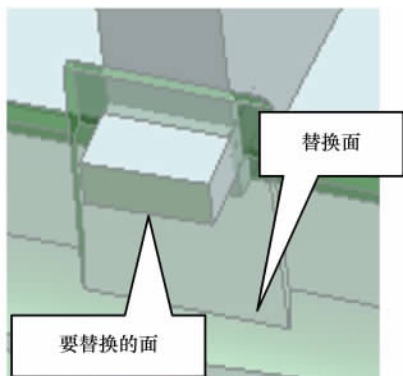


图 5-111 选择面(一)

第 24 步:参照第 22 步的操作,把方块的两个侧面分别用滑块头的两个侧面替换,如图 5-112 和图 5-113 所示。

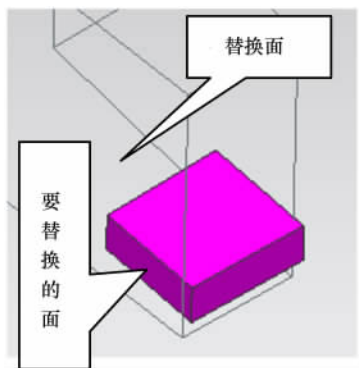


图 5-112 选择面(二)

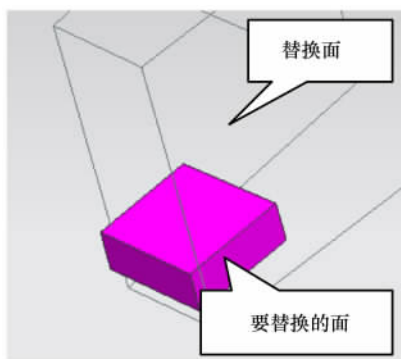


图 5-113 选择面(三)

第 25 步:通过“拉伸”命令拉伸一个草绘形状如图 5-114 所示的长方体(见图 5-115)。

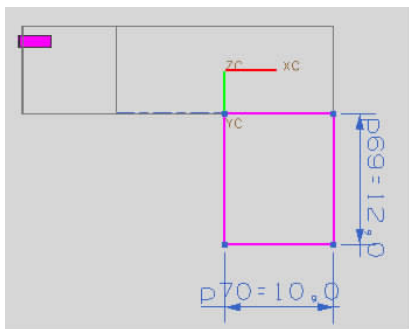


图 5-114 草绘图

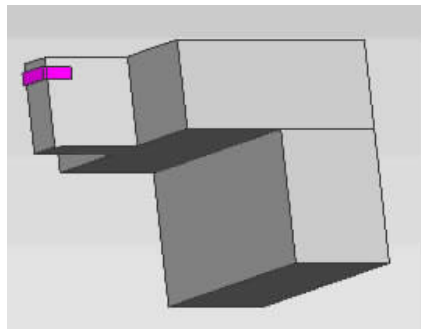


图 5-115 拉伸的长方体

第 26 步:通过“求和”命令把滑块头、方块以及拉伸的长方体合为一体,如图 5-116 所示。

第 27 步:按 Ctrl+Shift+U 快捷键显示其他实体。

第 28 步:单击“求交”命令→系统弹出“求交”对话框→选择型芯实体作为目标体,滑块头

实体作为刀具体→单击“确定”按钮,得到图 5-117 所示的滑块头。

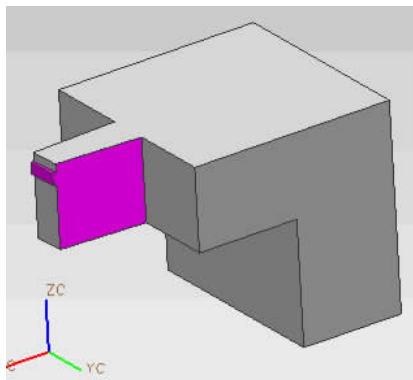


图 5-116 求和后的滑块头

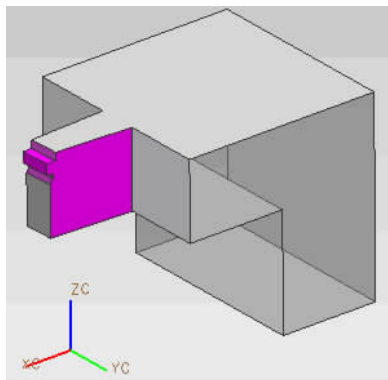


图 5-117 求交后的滑块头

第 29 步:通过“窗口”菜单返回到“shoujimianke_stp”部件显示环境→通过装配导航器目录把 B-S02 设为显示部件。

第 30 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,打开图层 7。

第 31 步:插入一个基准坐标系→单击“拉伸”命令→绘制图 5-118 所示的滑块头的草绘图,头部草绘放大图如图 5-119 所示,拉伸高度为 8mm→拉伸后得到图 5-120 所示的滑块头。

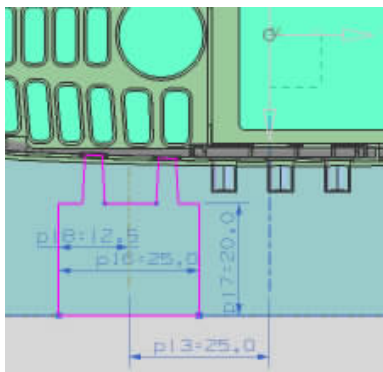


图 5-118 滑块头的草绘图

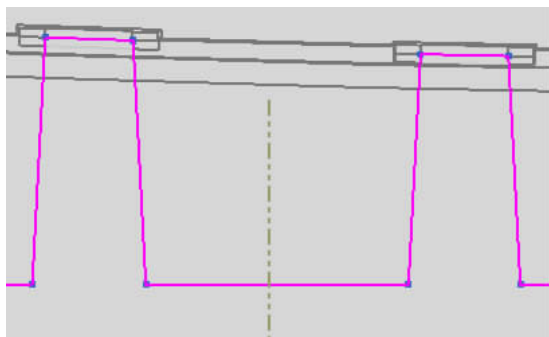



图 5-119 头部草绘放大图

第 32 步:单击  按钮→系统弹出“创建方块”对话框→选择图 5-121 所示的 4 个面创建一个方块,另一处也按同样的方法创建一个方块,如图 5-122 所示。

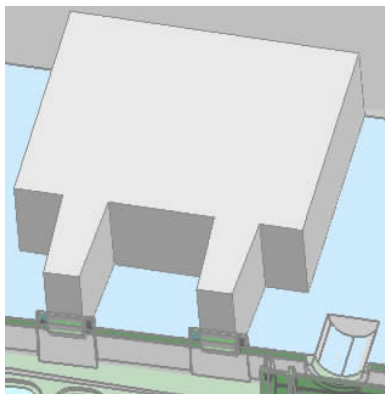


图 5-120 拉伸的滑块头

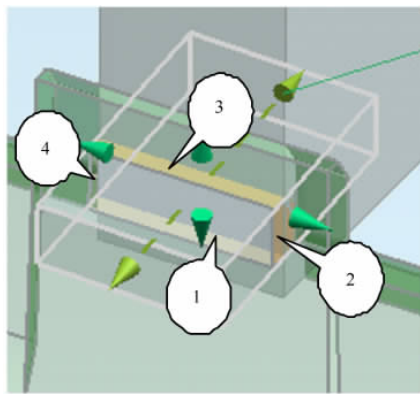


图 5-121 选择 4 个面

第 33 步: 参照第 22~24 步的操作, 把相应的面替换好, 如图 5-123 所示。

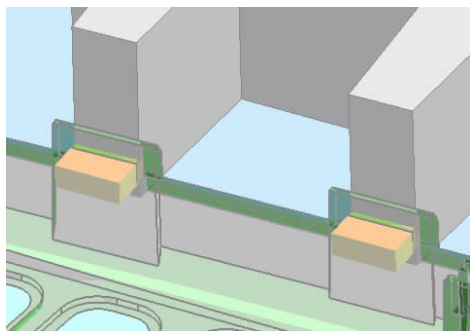


图 5-122 创建的两个方块

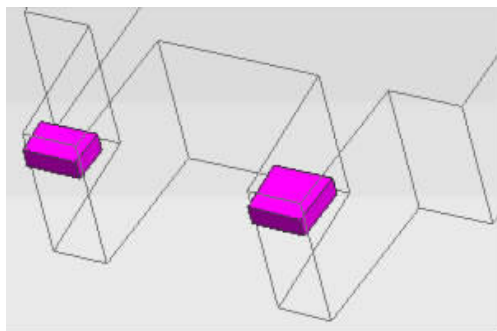


图 5-123 替换好各个面之后的方块

第 34 步: 通过“拉伸”命令拉伸一个草绘形状如图 5-124 所示的长方体 (见图 5-125)。

第 35 步: 参照第 26~28 步的操作, 完成后的 B-S02 滑块头如图 5-126 所示。

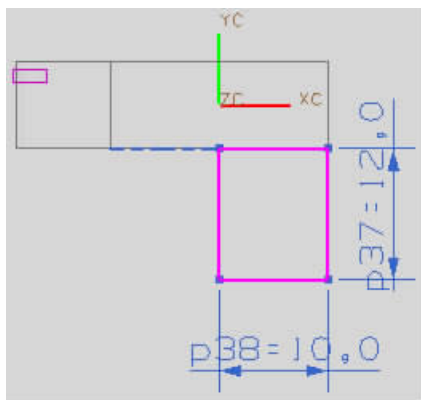


图 5-124 草绘图

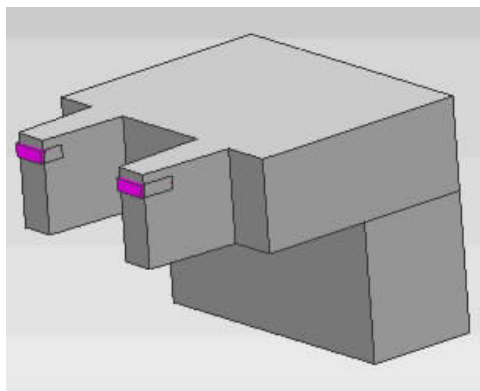


图 5-125 拉伸的长方体

第 36 步: 通过“窗口”菜单返回到“shoujiamianke_stp”部件显示环境。

第 37 步: 双击“shoujiamianke_stp”, 显示除了型腔之外的其他部件, 如图 5-127 所示。

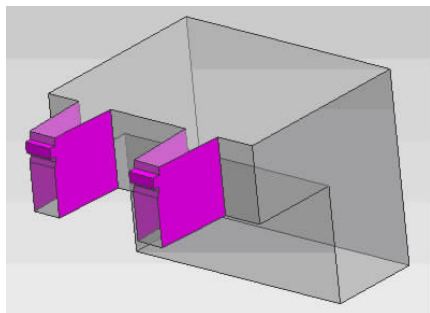


图 5-126 B-S02 滑块头



图 5-127 装配导航器目录


第 38 步: 单击模具工具栏中的  按钮→系统弹出“腔体”对话框 (见图 5-128)→选择型芯作为目标体, 选择两个滑块头作为刀具体 (见图 5-129)→选中“关联”复选框→单击“确定”按钮。完成滑块头避空位的型芯如图 5-130 所示。



图 5-128 “腔体”对话框

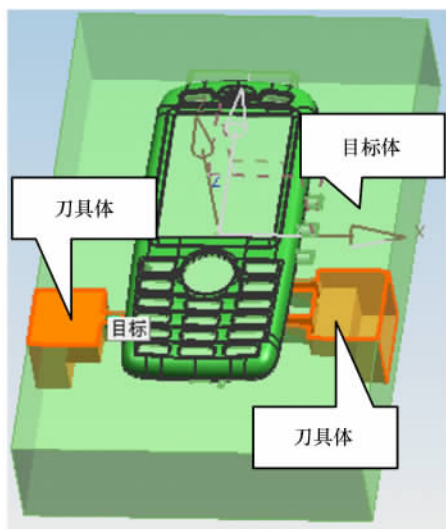


图 5-129 选择目标体和刀具体

10. 创建型芯镶件

第 1 步: 新建 B-I01、B-I02 两个组件, 并分别把型芯复制链接上(见图 5-131)。

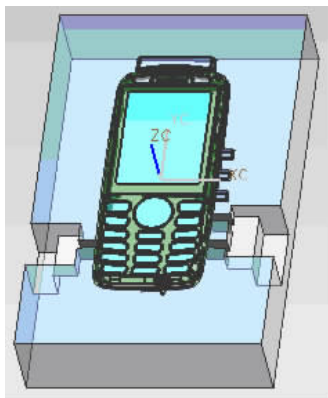


图 5-130 型芯



图 5-131 新建两个组件

第 2 步: 把 B-I01 设为显示部件, 按 Ctrl+L 快捷键显示图层 7。

第 3 步: 选择“拉伸”命令→选择型芯体(指通过型芯复制链接过来的实体)底面作为草绘面, 引用产品骨位的 4 条边, 绘制图 5-132 所示的草图, 拉伸高度设置为 40mm, 拉伸图 5-133 所示的实体。

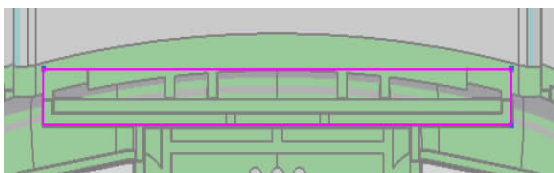


图 5-132 绘制草图

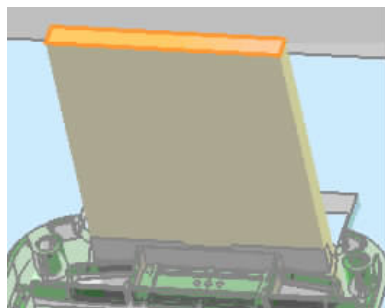


图 5-133 拉伸的实体

第4步:选择“求交”命令,把型芯体作为目标体,拉伸的实体作为刀具体,单击“确定”按钮后得到图 5-134 所示的镶件。

第5步:拉伸一个截面如图 5-135 所示的挂台,挂台深 4mm,并倒上 C0.5 的倒角。挂台如图 5-136 所示。

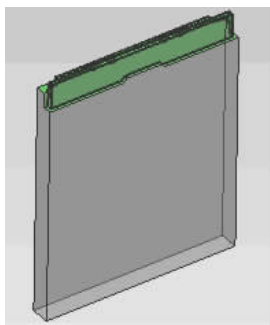


图 5-134 求交后的镶件

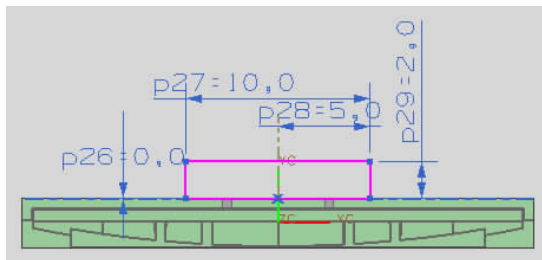


图 5-135 挂台截面

第6步:把 B-I02 设为显示部件,按 Ctrl+L 快捷键显示图层 7。

第7步:选择“拉伸”命令→选择型芯体(指通过型芯复制链接过来的实体)底面作为草绘面,引用产品骨位的三条边,绘制图 5-137 所示的草图,拉伸高度设置为 40mm,拉伸图 5-138 所示的实体。

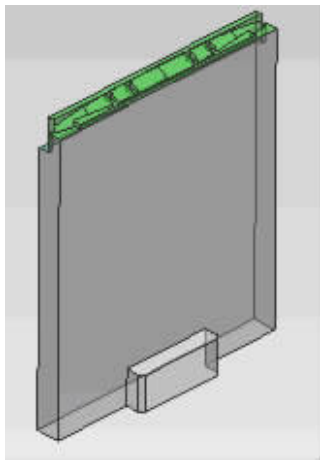


图 5-136 挂台

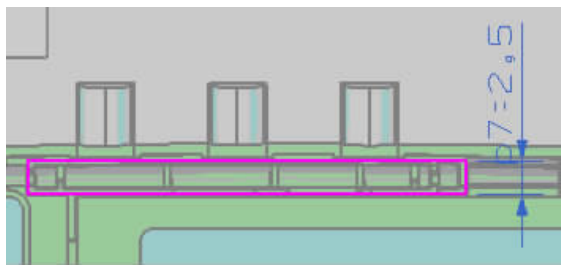


图 5-137 绘制草图

第8步:选择“求交”命令,把型芯体作为目标体,拉伸的实体作为刀具体,单击“确定”按钮后得到图 5-139 所示的镶件。

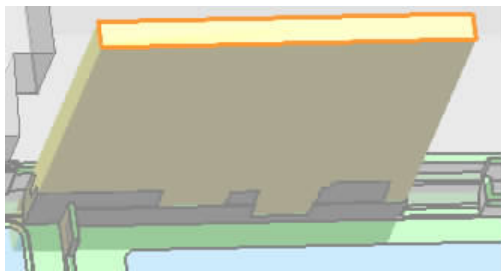


图 5-138 拉伸的实体

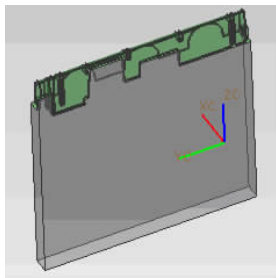


图 5-139 求交后的镶件

第 9 步:通过“窗口”菜单返回到“shoujimianke_stp”部件显示环境。

第 10 步:拉伸一个截面如图 5-140 所示的挂台,挂台深 4mm,并倒上 C0.5 的倒角。挂台如图 5-141 所示。

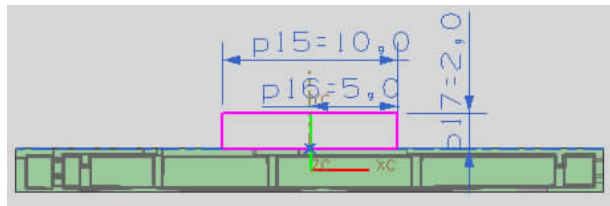


图 5-140 挂台截面

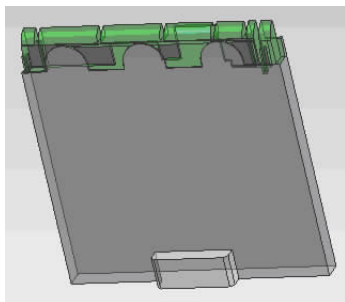




图 5-141 挂台

第 11 步:单击模具工具栏中的按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择型芯作为目标体,选择两个镶件作为刀具体→选中“关联”复选框→单击“确定”按钮。完成的镶件避空位如图 5-142 所示。

第 12 步:把 b01 设为显示部件。

第 13 步:单击按钮→系统弹出“创建方块”对话框→选择图 5-143 所示的两个面创建一个方块,除了底面的间隙为零外,其他面间隙设置为 0.5mm,并倒两个 R2 的圆角。创建的方块如图 5-144 所示。

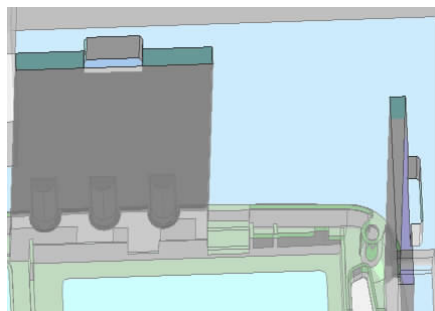


图 5-142 镶件避空位

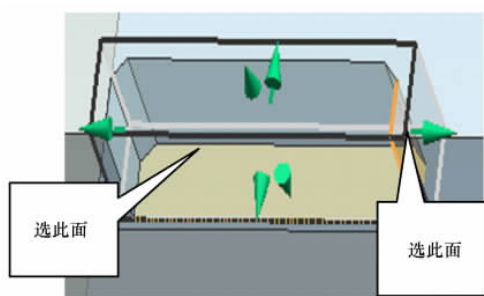


图 5-143 选择面

第 14 步:参照上一步创建另一个镶件挂台避空位处的方块。

第 15 步:单击“求差”命令,把型芯作为目标体,两个方块作为刀具体,完成挂台处的避空位。

第 16 步:通过“窗口”菜单返回到“shoujimianke_stp”部件显示环境。挂台避空位如图 5-145 所示。



图 5-144 创建的方块



图 5-145 挂台避空位

小结:完成的分模图如图 5-146 所示,定位虎口、基准角以及倒角在设计完冷却系统之后再完善更方便一些。

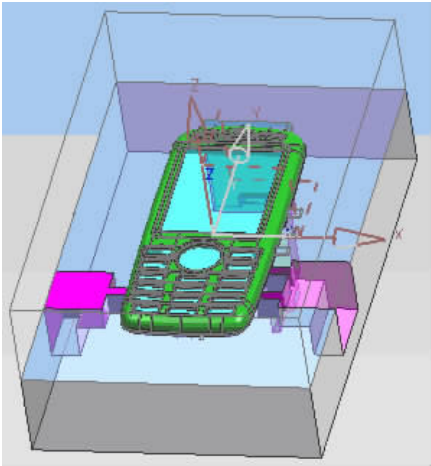



图 5-146 完成的分模图

11. 模架的确定与调用

第 1 步:单击模具工具栏中的“模架”按钮→系统弹出“模架管理”对话框→在“目录”列表中选择“FUTABA_S”→在“TYPE”列表中选择“SC”→选择“2527”的模架→把模架的相关参数修改成图 5-147 右边所示的数值,其余的保持不变→单击“确定”按钮。

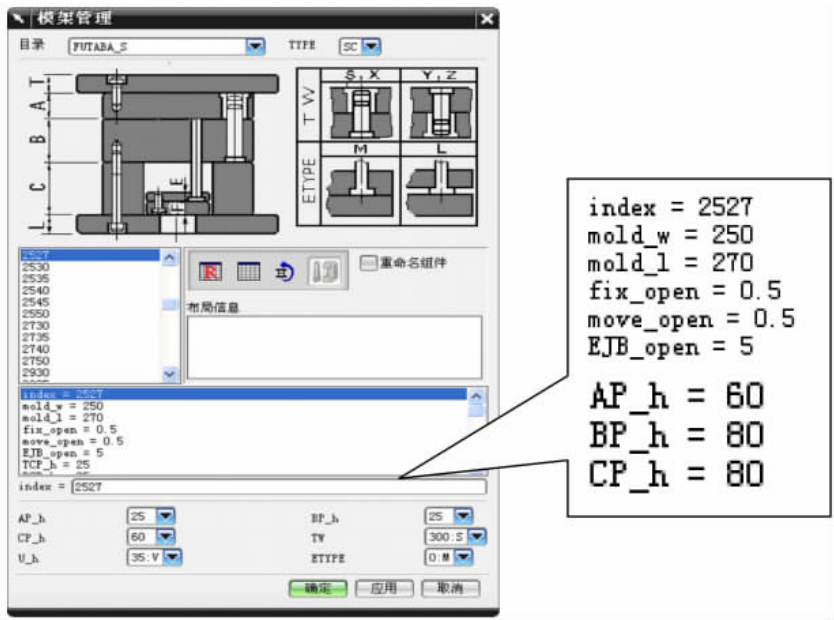



图 5-147 “模架管理”对话框

第 2 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 62、图层 100 关闭。调出的模架如图 5-148 所示。

12. 型腔板与型芯板开框

第 1 步:单击按钮→系统弹出“创建方块”对话框→选择型腔底面、型芯底面以及型芯

的两个侧面,默认间隙设置为零。

第2步:单击“腔体”命令→系统自动弹出“腔体”对话框→选择定模板、动模板为目标体,选择创建的方块为刀具体→单击“确定”按钮。

第3步:在部件导航器中把创建的方块隐藏。

第4步:把定模板设为显示部件,通过“拉伸”命令把定模板型腔避空位的4个清角切出来,如图5-149所示。

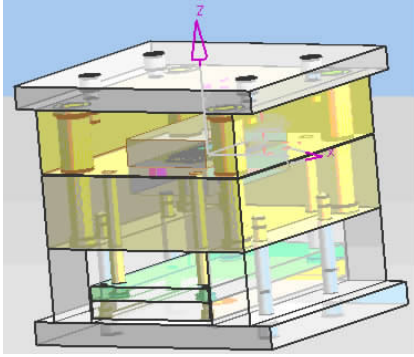


图 5-148 调出的模架

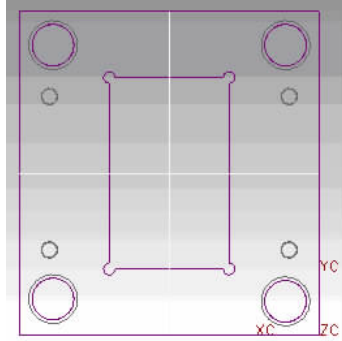



图 5-149 定模板型腔避空位

第5步:参照上一步的操作把动模板型芯避空位的4个清角切出来。

第6步:通过“窗口”菜单返回到“shoujimianke_stp”部件显示环境。

13. 浇注系统的设计

(1) 调用定位环

第1步:在装配导航器中显示定模部分→单击模具工具栏中的按钮。

第2步:系统弹出“标准件管理”对话框→在“目录”列表中选择“FUTABA_MM”→在“分类”列表中选择“Locating Ring Interchangeable”→“TYPE”设置为“M_LRC”→直径设置为“100”→厚度设置为“15”(见图5-150)→单击“应用”按钮。

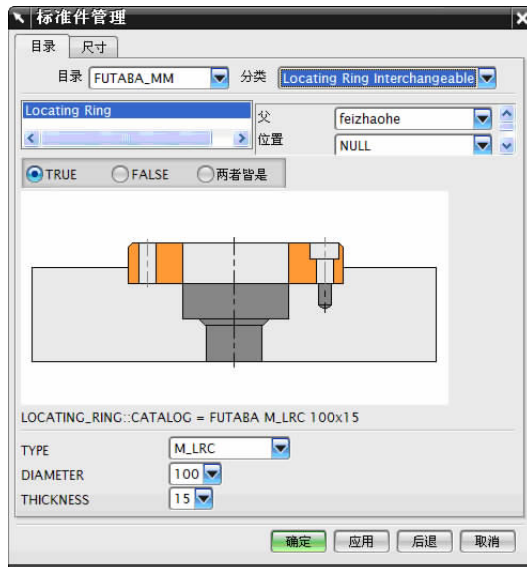




图 5-150 “标准件管理”对话框

第3步:选择调出来的定位环→单击对话框中的重新定位按钮→系统自动弹出“重定位组件”对话框(见图 5-151)。

第4步:单击按钮→系统弹出“变换”对话框→输入图 5-152 所示的坐标值→单击“确定”按钮,系统返回“重定位组件”对话框→单击“确定”按钮→系统返回到“标准件管理”对话框→单击“确定”按钮。

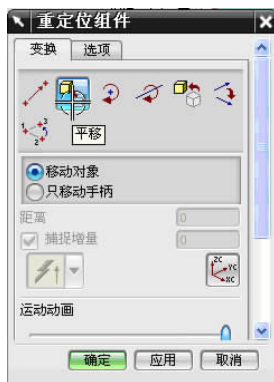



图 5-151 “重定位组件”对话框



图 5-152 “变换”对话框

(2) 调用注口衬套

第1步:在装配导航器中显示定模部分→单击模具工具栏中的按钮。

第2步:系统弹出“标准件管理”对话框→在“目录”列表中选择“FUTABA_MM”→在“分类”列表中选择“Sprue Bushing”→定位方式选择“重定位”,其他选项采用系统默认设置,如图 5-153所示。

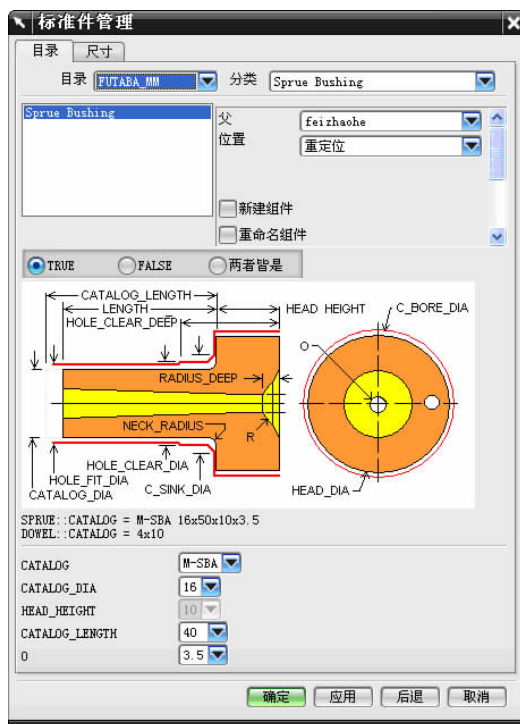


图 5-153 “标准件管理”对话框

第 3 步:选择“标准件管理”对话框中的“尺寸”选项卡,修改注口衬套尺寸,如图 5-154 所示,并把“HOLE_CLEAR_DEEP”的值改成“30.5”,其余尺寸采用系统默认设置→单击“确定”按钮。

第 4 步:系统弹出“点”对话框→输入图 5-155 所示的绝对坐标值→单击“确定”按钮。


```

CATALOG = M-SBA
CATALOG_DIA = 16
HEAD_HEIGHT = 20
CATALOG_LENGTH = 55.82
O = 3.5
R = 11
RADIUS_DEEP = 3
TAPER = 2
MATERIAL = STD
HEAD DIA = 50
    
```

图 5-154 修改注口衬套尺寸



图 5-155 “点”对话框

第 5 步:系统弹出“重定位组件”对话框(见图 5-156)→单击平移按钮→系统弹出“变换”对话框(见图 5-157),“DZ”值设为“-10”→单击“确定”按钮→系统自动返回到“重定位组件”对话框→单击“取消”按钮→系统自动返回到“点”对话框→单击“取消”按钮。添加的注口衬套如图 5-158 所示。

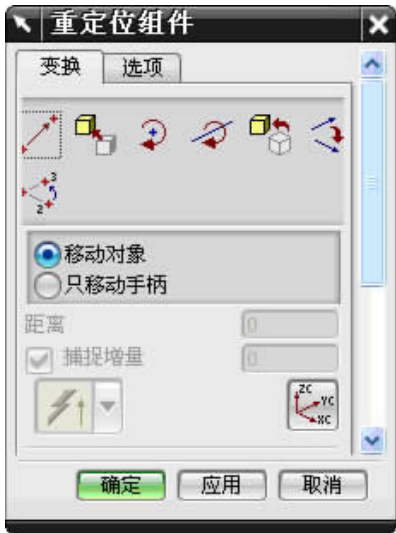



图 5-156 “重定位组件”对话框



图 5-157 “变换”对话框

(3) 切减定位环和注口衬套

第 1 步:单击按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择定模固定板作为切减目标,按鼠标中键确认→将“工具类型”设置为“部件”→选择定位环作为切减刀具,单击“应用”按钮。

第 2 步:选择定模固定板、型腔板、型腔作为切减目标,按鼠标中键确认→选择注口衬套作

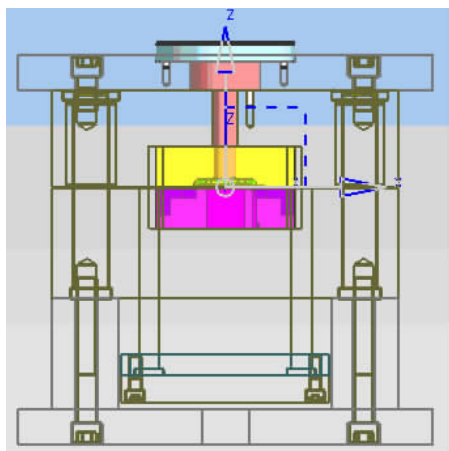


图 5-158 添加的注口衬套

为切减刀具,单击“确定”按钮→在装配导航器中把定位环以及注口衬套隐藏后得到图 5-159 所示的效果。

注意:注口衬套以及分流道的长短决定了注塑废料的多少,所以在型腔强度能保证以及注塑机的射嘴足够长的情况下,注口衬套可以锁到型腔的底面。这样就可以大大缩短注口衬套的长度,也就意味着大大节省了料头。

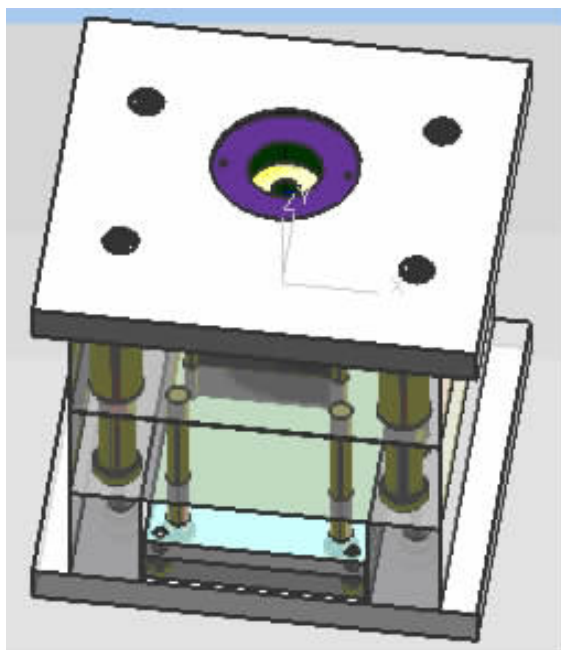


图 5-159 切减后的效果

(4) 创建分流道

完成定位环以及注口衬套的创建后,下面开始创建分流道。

第 1 步:把型芯 b01 设为显示部件。

第 2 步:插入一个与绝对坐标系重合的基准坐标系。

第 3 步:按图 5-160 所示的分流道图,绘制好图 5-161 所示的草绘图。

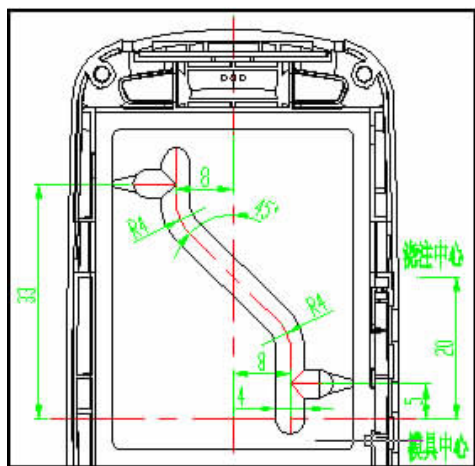


图 5-160 分流道图

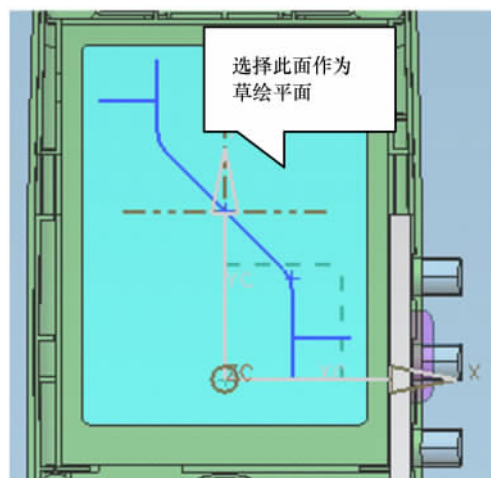


图 5-161 绘制的草绘图

第 4 步:单击“插入”菜单→选择“扫掠”→单击“管道”→系统弹出“管道”对话框(见图 5-162)→选择长的那段草绘线,设置外径为 4mm,内径为 0,其他参数默认→单击“应用”按钮→选择短的一段曲线→单击“应用”按钮→选择短的另一段曲线→单击“应用”按钮,扫掠后的管道如图 5-163 所示。



图 5-162 “管道”对话框

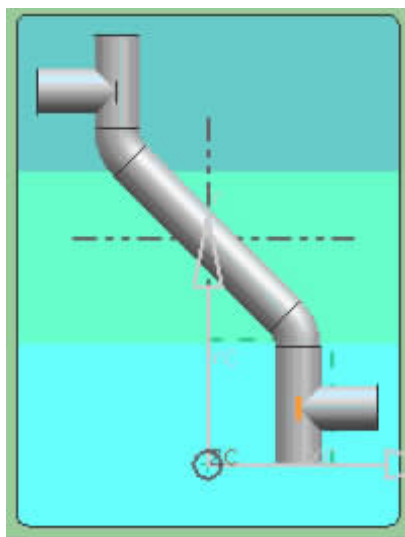



图 5-163 扫掠后的管道

第 5 步:把管道的四端倒上 R2 的圆角,并把三段管道用“求和”命令合并,完成的分流道如图 5-164 所示。

第 6 步:通过“窗口”菜单返回到“shoujijianke_stp”部件显示环境,并显示注口衬套。

第 7 步:单击按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择型芯、型腔、注口衬套作为切减目标,按鼠标中键确认→将“工具类型”设置为“实线”→选择分流道作为切减刀具,单击“确定”按钮。切除分流道的各个零件如图 5-165 所示。

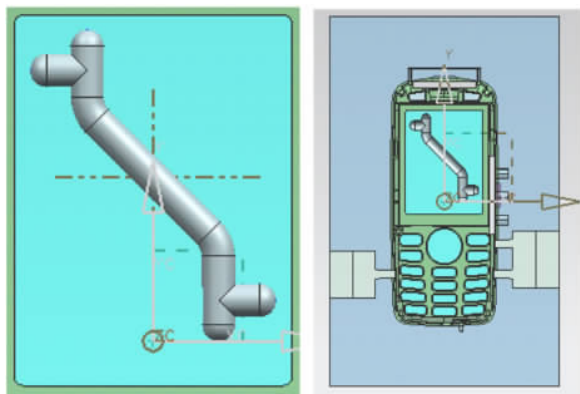


图 5-164 分流道

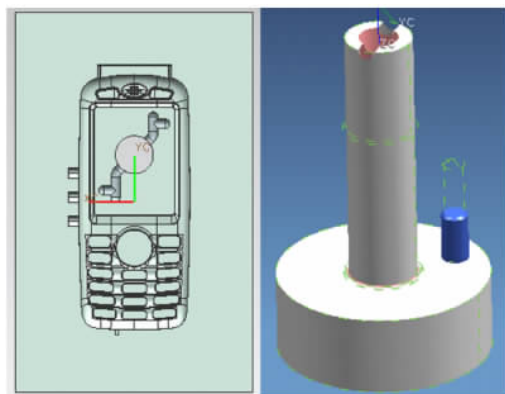


图 5-165 切除分流道的各个零件

(5) 创建浇口

第 1 步:把型芯 b01 设为显示部件。

第 2 步:选择“拉伸”命令→草绘图 5-166 所示的草绘图,拉伸一个高 0.3mm 的梯形块,并把底面拔模 15° 得到图 5-167 所示的浇口形状。

第 3 步:参照以上操作完成另一个浇口的创建。

第 4 步:将型芯与创建的两个浇口方块求差,得到图 5-168 所示的两个浇口。

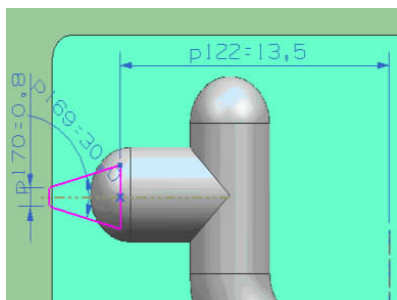


图 5-166 浇口草绘图

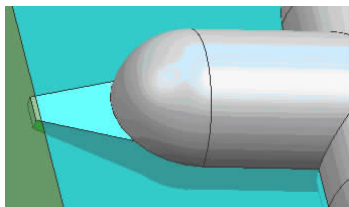


图 5-167 浇口形状

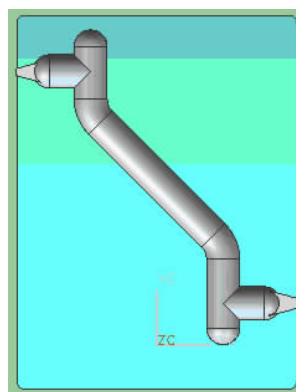



图 5-168 完成的浇口

14. 顶出系统的设计

产品的 2D 顶针布局图如图 5-169 所示。顶针类型以及顶针的坐标列表如图 5-170 所示。

(1) 创建圆顶针

第 1 步:通过装配导航器以及图层管理,只显示动模部分。

第 2 步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框→在“分类”列表中选择“Ejector Pin”→“CATALOG_DIA”设为“3.0”,“CATALOG_LENGTH”设为“150”,“HEAD_TYPE”设为“3”→单击“应用”按钮(见图 5-171)。

第 3 步:系统自动弹出“点”对话框(见图 5-172)→“X”、“Y”坐标分别输入“6.7”、“-39”→单击“确定”按钮→按坐标列表输入各圆顶针的坐标,创建相应的圆顶针。创建的圆顶针如图 5-173 所示。

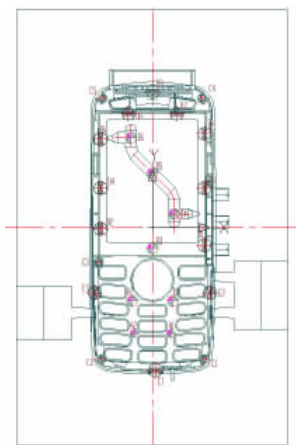







图 5-169 2D 顶针布局图

序号	编号	尺寸	X	Y
1	A1	圆顶针 $\phi 3$	6.7	-39
2	A2	圆顶针 $\phi 3$	-6.7	-39
3	B1	圆顶针 $\phi 4$	7.5	-27
4	B2	圆顶针 $\phi 4$	-7.5	-27
5	B3	圆顶针 $\phi 4$	0	-7.6
6	B4	圆顶针 $\phi 4$	8	5
7	B5	圆顶针 $\phi 4$	0	20
8	B6	圆顶针 $\phi 4$	-8	33
9	C1	可 $\phi 3.6 \times \phi 2.4$	19.1	-48.6
10	C2	可 $\phi 3.6 \times \phi 2.4$	-19.1	-48.6
11	C3	可 $\phi 3.6 \times \phi 2.4$	-20	-13
12	C4	可 $\phi 3.6 \times \phi 2.4$	18.5	47.5
13	C5	可 $\phi 3.6 \times \phi 2.4$	-18.5	47.5
14	D1	方顶针 1.5×4	19.1	-6.5
15	D2	方顶针 1.5×4	-19.1	-0.5
16	D3	方顶针 1.5×4	19.1	14.5
17	D4	方顶针 1.5×4	-19.1	14.5
18	D5	方顶针 1.5×4	19.1	34.5
19	D6	方顶针 1.5×4	-19.1	32.5
20	D7	方顶针 1.5×4	8.9	41.9
21	D8	方顶针 1.5×4	-8.9	41.9
22	D9	方顶针 1.5×4	0	50.1
23	E1	方顶针 1.8×4	1	-52.5
24	E2	方顶针 1.8×4	21.2	-24
25	E3	方顶针 1.8×4	-21.2	-24

圆顶针 $\phi 3$ 共 2 支

圆顶针 $\phi 4$ 共 6 支

司 $\phi 3.6 \times \phi 2.4$ 共 5 支

方顶针 1.5×4 共 9 支

方顶针 1.8×4 共 3 支

图 5-170 顶针类型以及顶针的坐标列表

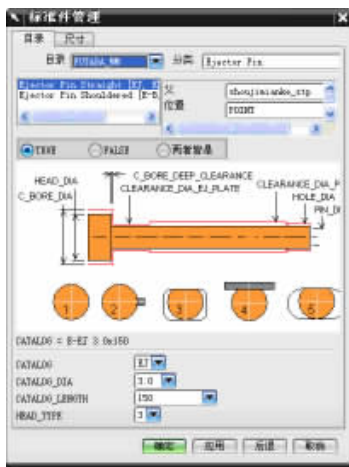


图 5-171 “标准件管理”对话框



图 5-172 “点”对话框

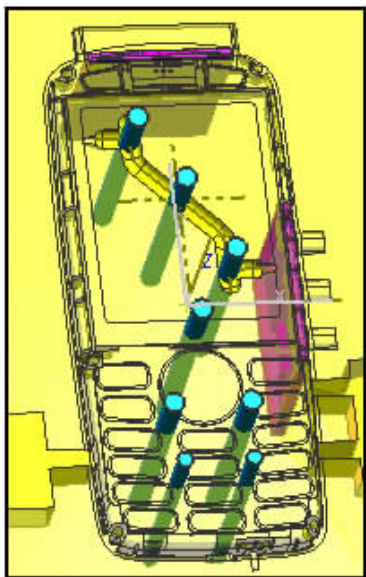


图 5-173 创建的圆顶针

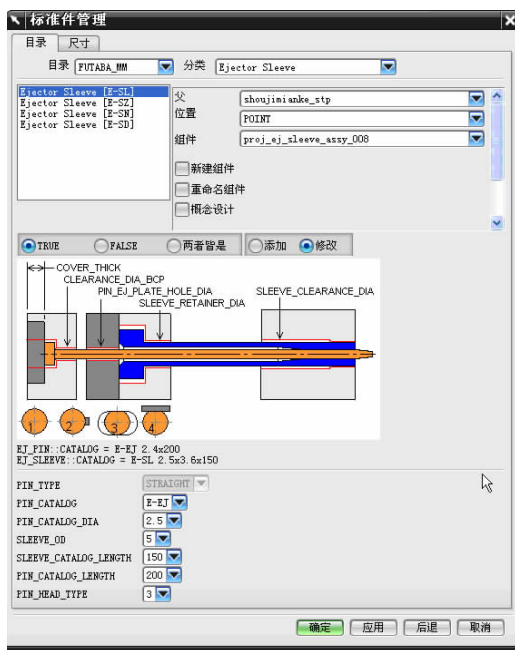


图 5-174 “标准件管理”对话框

(2) 创建司筒与司筒针

第 1 步:单击“标准件”按钮→系统弹出“标准件管理”对话框(见图 5-174)→在“分类”列表中选择“Ejector Sleeve”→单击“尺寸”选项卡,相关参数设置如图 5-175 所示,其余的采用系统默认设置→单击“应用”按钮。

第 2 步:系统自动弹出“点”对话框→按坐标列表输入司筒针的坐标,创建相应的司筒以及司筒针。创建的司筒及司筒针如图 5-176 所示。

```
PIN_TYPE = STRAIGHT
PIN_CATALOG = E-EJ
PIN_CATALOG_DIA = 2.4
SLEEVE_OD = 3.6
SLEEVE_CATALOG_LENGTH = 150
PIN_CATALOG_LENGTH = 200
COVER_THICK = 10
SLEEVE_LAND = 80
```

图 5-175 司筒及司筒针参数

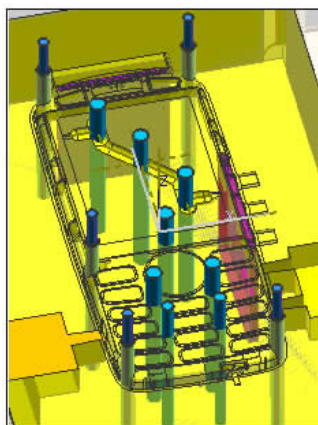


图 5-176 创建的司筒及司筒针

(3) 创建方顶针

第 1 步:单击“标准件”按钮→系统弹出“标准件管理”对话框→在“分类”列表中选择“Ejector Blade”→在“位置”列表中选择“重定位”→“CATALOG”设为“FH”,“CATALOG_THICK”设为“1.5”,“CATALOG_WIDE”设为“4”,“SHOULDER_LENGTH”设为“70”→单

击“应用”按钮(见图 5-177)。

第 2 步:系统自动弹出“点”对话框→按坐标列表输入编号为 D1 的方顶针的坐标值→单击“确定”按钮(见图 5-178)。

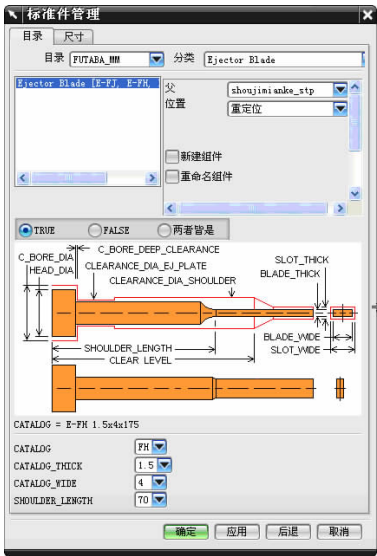



图 5-177 “标准件管理”对话框



图 5-178 “点”对话框

第 3 步:系统自动弹出“重定位组件”对话框→单击  按钮→系统返回到“点”对话框,确认坐标值为 D1 方顶针的坐标→单击“确定”按钮(见图 5-179)。

第 4 步:系统自动返回到“重定位组件”对话框(见图 5-180),同时可以预览到方顶针的位置及形状(见图 5-181),在对话框中将“角度”设为“90”→单击“确定”按钮,可以看到旋转后的方顶针如图 5-182 所示。同时系统自动返回到“点”对话框,然后按顶针坐标列表输入编号为 D2 的方顶针的坐标值,采用相同的操作完成其他方顶针的创建,创建的方顶针如图 5-183 所示。



图 5-179 “重定位组件”对话框(一)



图 5-180 “重定位组件”对话框(二)

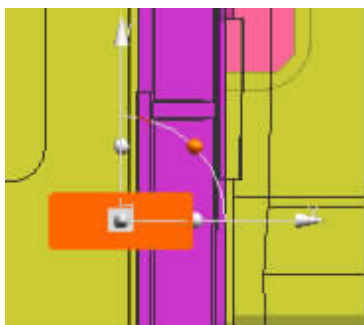


图 5-181 预览中的方顶针



图 5-182 旋转后的方顶针

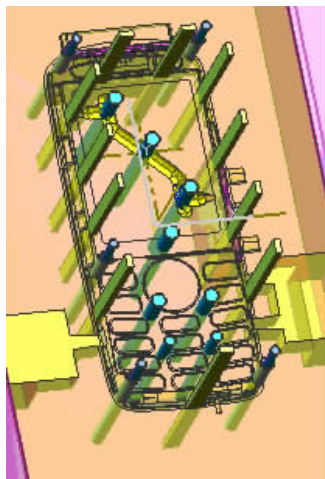




图 5-183 创建的方顶针

(4) 顶针后处理


第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 27 打开,显示型芯分型面。

第 2 步:单击  顶针后处理 按钮→系统弹出“顶针后处理”对话框→选择所有顶针作为目标体→单击  按钮。

第 3 步:“修剪曲面”选择“选择片体”→选择型芯分型面→单击“确定”按钮。处理后的顶针如图 5-184 所示。

第 4 步:拉料顶针的处理可以参考模块四的相关内容。

(5) 切减顶针避空位

单击模具工具栏中的  按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择型芯、型芯镶件、动模板、顶针面板、动模固定板作为目标体→选择所有顶针作为刀具体→单击“确定”按钮。切减顶针避空位的各个零件如图 5-185 所示。

注意:在切减顶针避空位的时候如果遇到没有切减的情况,可以先将模具零件设为工作部件,然后通过“腔体”命令进行切减。如果切减后发现某些参数不够合理,可单击标准件按钮,选择相应标准件并修改标准件的相关参数,直到得到合理的切减避空位为止。

15. 冷却系统的设计

型芯的冷却水道如图 5-186 所示,型腔的冷却水道如图 5-187 所示。具体的操作参照模块四的相关内容,这里不再详细叙述。

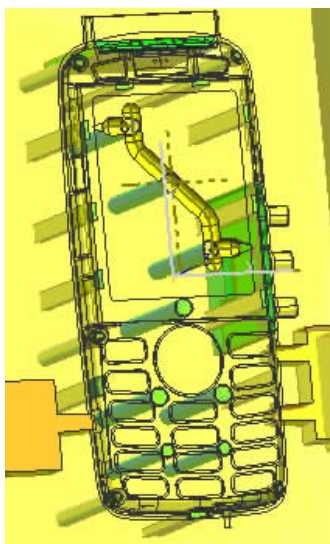


图 5-184 处理后的顶针

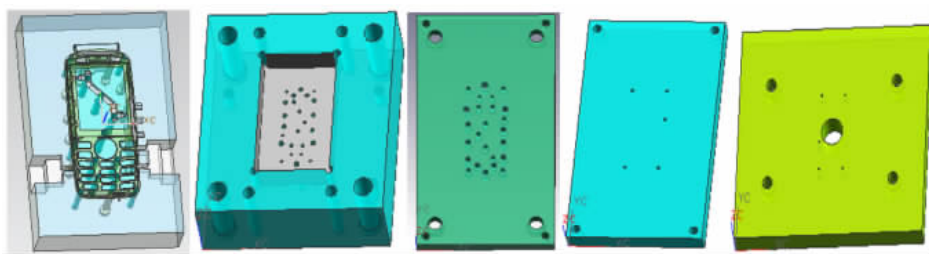


图 5-185 切减顶针避空位的各个零件

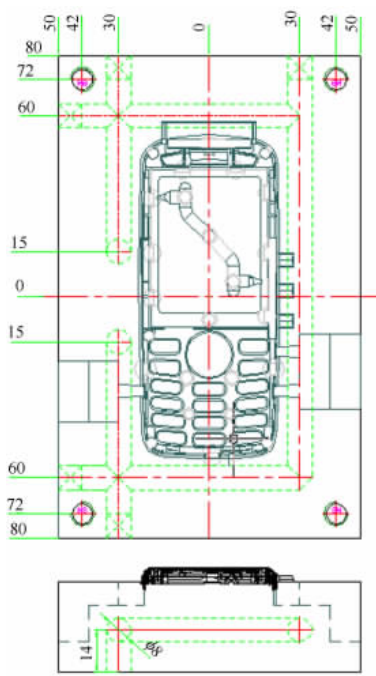


图 5-186 型芯的冷却水道

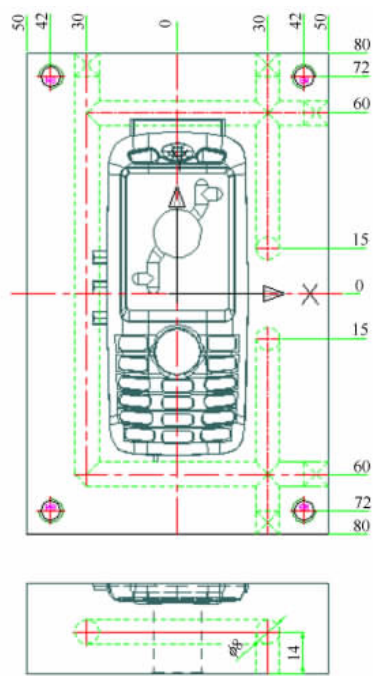


图 5-187 型腔的冷却水道

16. 创建滑块机构

(1) 创建第一滑块机构

① 完善滑块 B-S01, 步骤如图 5-188 所示。

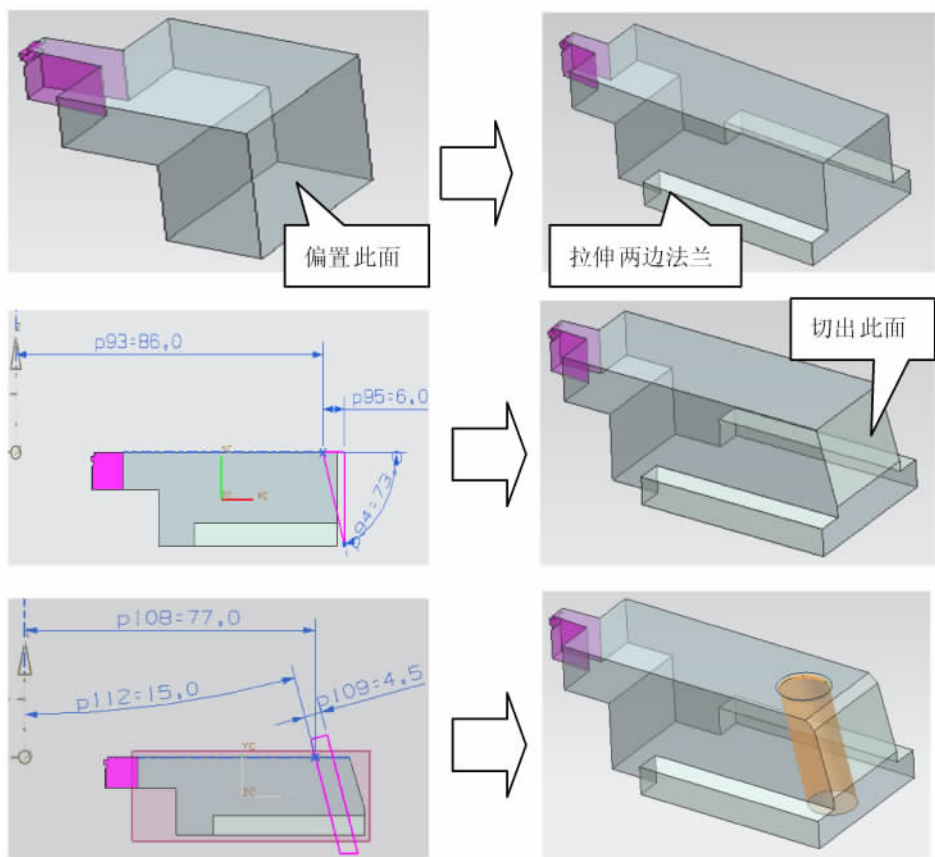


图 5-188 滑块 B-S01 的完善步骤

第 1 步: 把滑块 B-S01 设为显示部件。

第 2 步: 用“偏置面”命令把滑块 B-S01 的后面偏置 40mm, 并拉伸两边高 5mm、宽 5mm、长 40mm 的法兰。

第 3 步: 用“拉伸”命令把与楔紧块配合的面切出来, 斜角为 17° 。

第 4 步: 用“旋转”命令把斜导柱孔切出来, 直径为 9mm, 斜角为 15° 。

② 创建滑块楔紧块。

第 1 步: 通过“窗口”菜单返回到“shoujijianke_stp”部件显示环境。

第 2 步: 在装配导航器中新建组件 B-S01-CJ, 并将它设为工作部件。

第 3 步: 把模架部分隐藏, 只显示型芯、型腔、滑块。

第 4 步: 选择“拉伸”命令→选择滑块 B-S01 的中心面作为草绘面, 草绘截面如图 5-189 所示→对称拉伸, 设置拉伸距离为 9→单击“确定”按钮。拉伸的楔紧块如图 5-190 所示。

③ 创建斜导柱。

第 1 步: 在装配导航器中新建组件 B-S01-XDZ, 并将它设为工作部件。

第 2 步: 选择“旋转”命令→选择滑块 B-S01 的中心面作为草绘面, 草绘截面如图 5-191 所示→选择旋转中心→单击“确定”按钮。

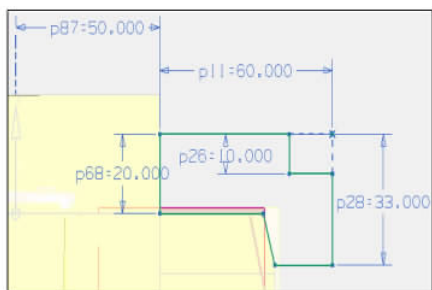


图 5-189 楔紧块的草绘截面

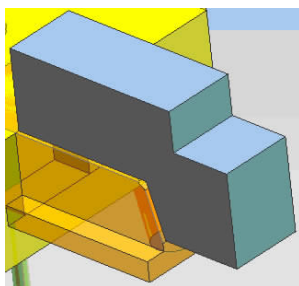


图 5-190 拉伸的楔紧块

第 3 步:选择“拉伸”命令把斜导柱头部超出楔紧块的部分切除,得到图 5-192 所示的斜导柱。

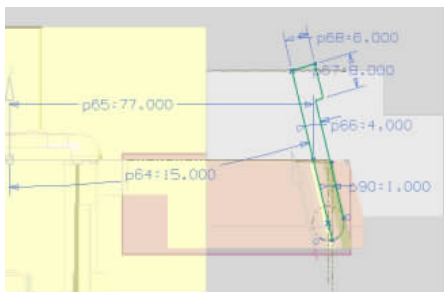


图 5-191 斜导柱的草绘截面

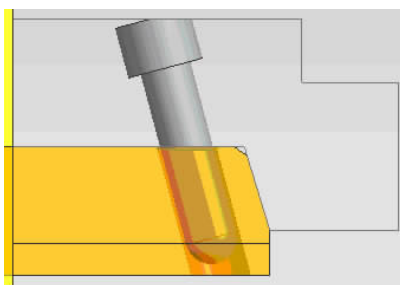


图 5-192 斜导柱

④ 创建滑块压板。

第 1 步:在装配导航器中新建组件 B-S01-YB01,并将它设为工作部件。

第 2 步:选择“拉伸”命令→选择滑块 B-S01 法兰的上表面作为草绘面,绘制截面,拉伸长 60mm、宽 15mm、高 15mm 的压板。

第 3 步:两角倒 C3 的斜角,得到图 5-193 所示的滑块压板。

第 4 步:参照以上操作创建压板 B-S01-YB02。

⑤ 创建滑块耐磨板。

第 1 步:在装配导航器中新建组件 B-S01-NMB,并将它设为工作部件。

第 2 步:选择“拉伸”命令→选择滑块 B-S01 底面作为草绘面,绘制截面,拉伸长 40mm、宽 20mm、高 10mm 的耐磨板。

第 3 步:四角倒 C3 的斜角,得到图 5-194 所示的滑块耐磨板。

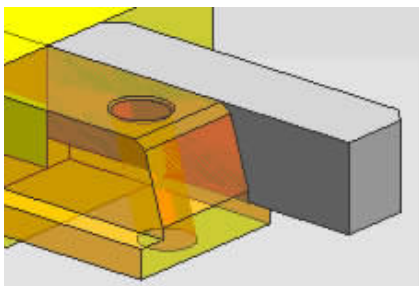


图 5-193 滑块压板

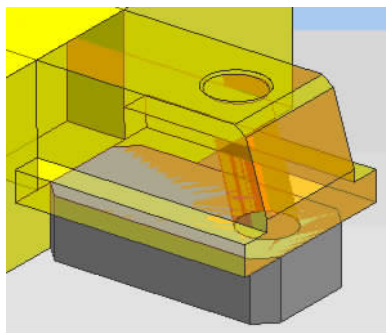


图 5-194 滑块耐磨板

(2) 创建第二滑块机构

第二滑块机构的创建步骤这里不再详述,可参考第一滑块机构的创建过程。

17. 切减滑块相关零件的避空位

(1) 切减动模板

第 1 步:在装配导航器中显示模架的动模部分,并将动模板设为工作部件。

第 2 步:选择“拉伸”命令→草绘如图 5-195 所示的截面,拉伸距离设置为 80,并布尔求差,把动模板切减成图 5-196 所示的形状。

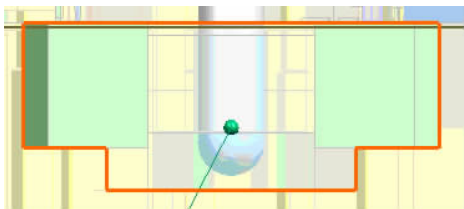


图 5-195 草绘截面

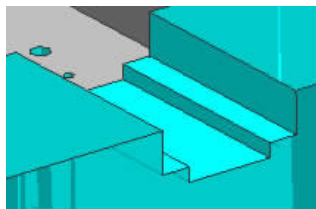


图 5-196 切减后的形状

第 3 步:选择“腔体”命令→选择动模板为目标体,选择耐磨板为刀具体→单击“确定”按钮,得到图 5-197 所示的槽。

第 4 步:单击“创建方块”命令,选择槽的三个侧面(见图 5-198),并设置侧边三面的间隙为 0.5。

第 5 步:选择“求差”命令→选择动模板为目标体,选择方块为刀具体→单击“确定”按钮。完成的耐磨块避空位如图 5-199 所示。

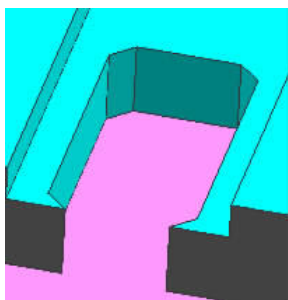


图 5-197 切减耐磨板后的槽

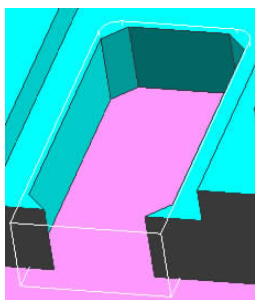


图 5-198 选择三个侧面



图 5-199 耐磨块避空位

第 6 步:选择“偏置面”命令→选择图 5-200 所示的三个面,向外偏置 0.5mm。

第 7 步:参照以上操作完成另一滑块相关零件的避空位创建。完成切减的动模板如图 5-201 所示。

(2) 切减定模板

第 1 步:在装配导航器中显示模架的定模部分,并将定模板设为工作部件。

第 2 步:选择“腔体”命令→选择定模板为目标体,选择两个滑块楔紧块为刀具体→单击“确定”按钮,得到图 5-202 所示的槽。

第 3 步:选择“创建方块”命令→选择图 5-203 所示的一个侧面,并设置侧边两面的间隙为 2,底面的间隙为 0,长方向间隙为 70→单击“确定”按钮。

第 4 步:选择“求差”命令→选择定模板为目标体,选择方块为刀具体→单击“确定”按钮。求差后的效果如图 5-204 所示。

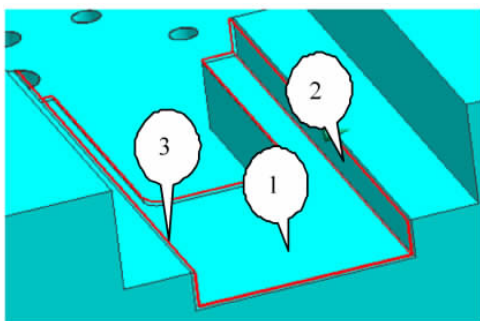


图 5-200 偏置三个面

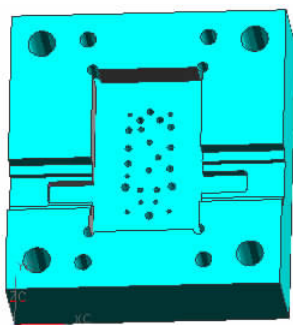


图 5-201 完成切减的动模板

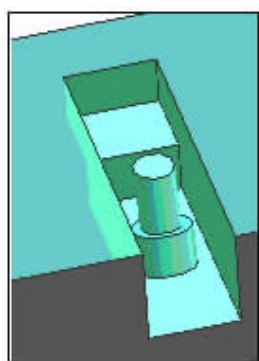


图 5-202 切减后的槽

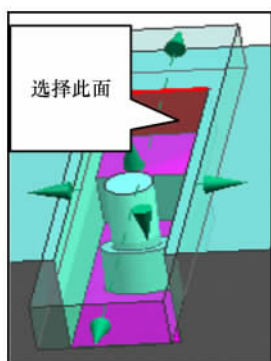


图 5-203 选择一个侧面

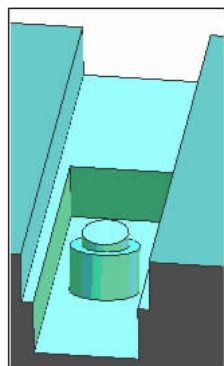


图 5-204 求差后的效果

第 5 步:选择“创建方块”命令→选择图 5-205 所示的面,并设置顶面间隙为 20,其余各面的间隙为 0→单击“确定”按钮。

第 6 步:选择“求差”命令→选择定模板为目标体,选择方块为刀具体→单击“确定”按钮。

第 7 步:对两个拐角进行清角处理,完成楔紧块的避空位创建,如图 5-206 所示。

第 8 步:参照以上操作完成另一个滑块的楔紧块避空位的创建。

(3) 切减楔紧块

第 1 步:选择“腔体”命令→选择楔紧块为目标体,选择斜导柱为刀具体→单击“确定”按钮。

第 2 步:选择“替代面”命令,把没有通的面替换掉。

第 3 步:选择“偏置面”命令,把斜导柱头部避空位的侧面偏置 0.5mm,完成斜导柱的避空位,如图 5-207 所示。

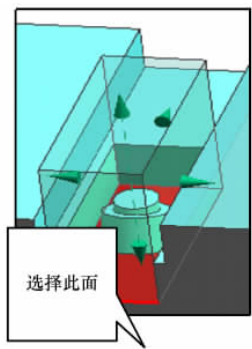


图 5-205 选择面

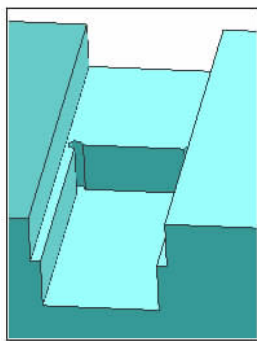


图 5-206 楔紧块避空位

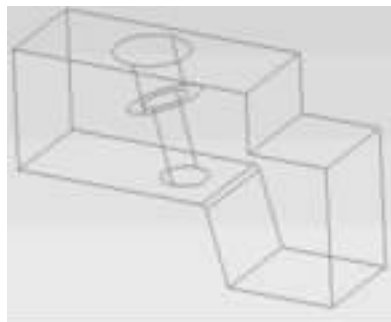


图 5-207 斜导柱避空位

第4步:参照以上操作完成另一个楔紧块的切减。


18. 调用辅助标准件

(1) 创建型芯、型腔固定螺钉

创建型芯、型腔固定螺钉的具体操作可参照模块四的相关内容,这里不再详述。

(2) 创建楔紧块固定螺钉

第1步:通过图层管理以及装配导航器,只显示楔紧块 B-S01-CJ。

第2步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框(见图 5-208)→在“目录”列表中选择“DME_MM”选项,在“分类”列表中选择“Screws”选项,“SIZE”设置为“6”,“ORIGIN_TYPE”设置为“1”,“LENGTH”设置为“20”,其他采用系统默认设置。

第3步:单击“应用”按钮→系统弹出“选择一个面”对话框→选择图 5-209 所示的面作为放置面。

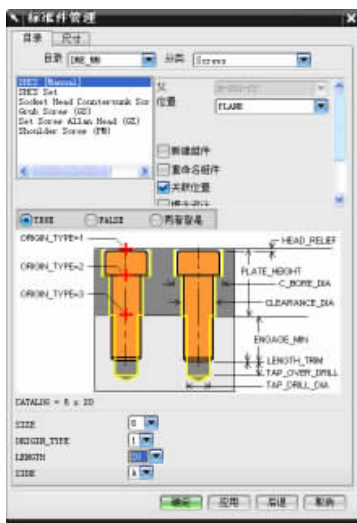


图 5-208 “标准件管理”对话框

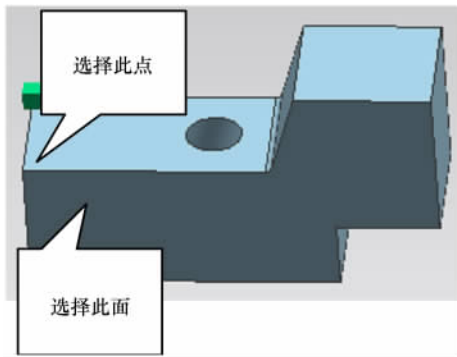



图 5-209 选择放置面与点

第4步:系统自动弹出“点”对话框→选择图 5-209 所示的点作为定位点→单击“确定”按钮。

第5步:系统自动弹出“位置”对话框→单击“打断关联性”→单击“确定”按钮。

第6步:系统返回到“点”对话框→单击“取消”按钮。

第7步:系统自动返回到“重定位组件”对话框(见图 5-210)→单击  按钮,出现预览的螺钉位置(见图 5-211)→系统弹出“变换”对话框,输入图 5-212 所示的坐标值→单击“确定”按钮→系统自动返回到“重定位组件”对话框→单击“取消”按钮→系统返回到“标准件管理”对话框→单击“取消”按钮。

第8步:参照以上操作完成另一螺钉的创建。楔紧块的固定螺钉如图 5-213 所示。

(3) 创建滑块压板固定螺钉

创建滑块压板固定螺钉的具体步骤这里不再详述,可以参照楔紧块固定螺钉的创建过程。滑块压板固定螺钉的位置如图 5-214 所示。创建好的滑块压板固定螺钉如图 5-215 所示。

(4) 创建耐磨板固定螺钉

具体步骤这里不再详述,可以参照楔紧块固定螺钉的创建过程。耐磨板固定螺钉的位置如图 5-216 所示。创建好的耐磨板固定螺钉如图 5-217 所示。



图 5-210 “重定位组件”对话框

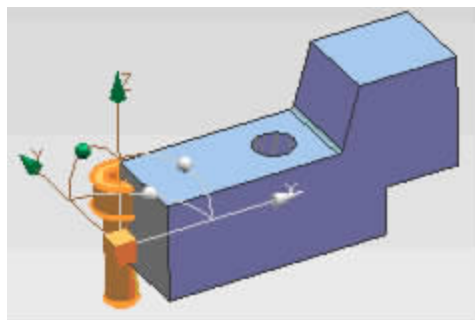


图 5-211 预览的螺钉位置



图 5-212 “变换”对话框

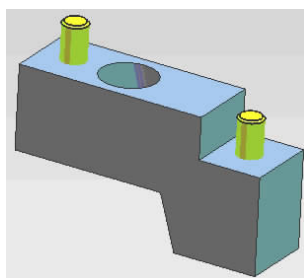


图 5-213 楔紧块的固定螺钉

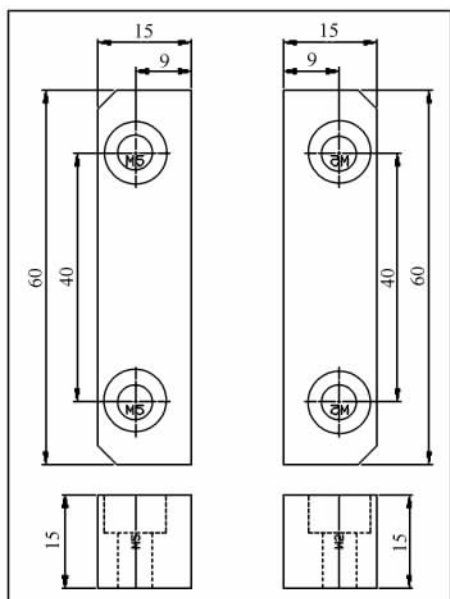


图 5-214 滑块压板固定螺钉的位置

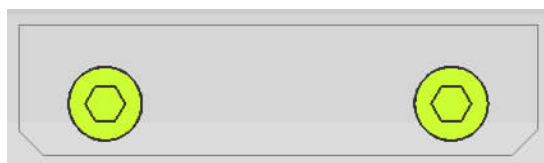



图 5-215 滑块压板固定螺钉

(5) 创建滑块限位螺钉

第 1 步: 单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框→在“目录”列表中选择“DME_MM”选项,在“分类”列表中选择“Screws”选项,“SIZE”设为“6”,“ORIGIN_TYPE”设为“2”,“LENGTH”设为“12”,其他采用系统默认设置(见图 5-218)。

第 2 步: 单击“应用”按钮→系统弹出“选择一个面”对话框→选择图 5-219 中的面作为放置面→系统弹出“点”对话框,输入图 5-220 所示的坐标值→单击“确定”按钮→系统自动弹出“位置”对话框→单击“取消”按钮→系统自动返回“标准件管理”对话框→单击“确定”按钮,得到图 5-219 所示的限位螺钉。

第 3 步: 参照以上操作完成另一限位螺钉的创建。

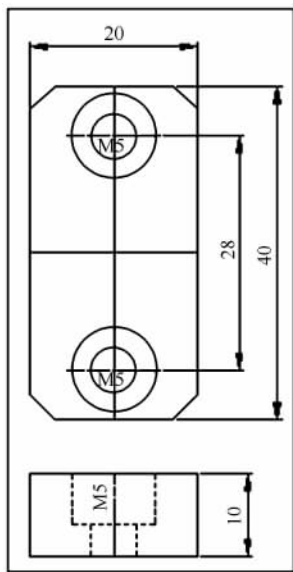


图 5-216 耐磨板固定螺钉的位置

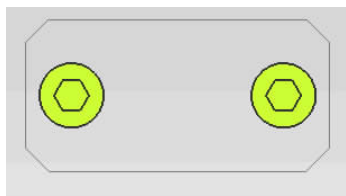


图 5-217 耐磨板固定螺钉

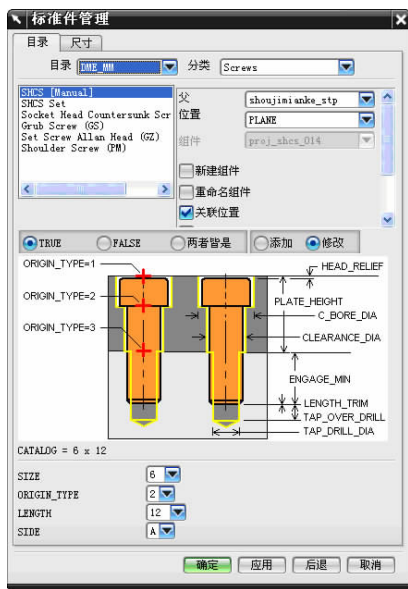


图 5-218 “标准件管理”对话框

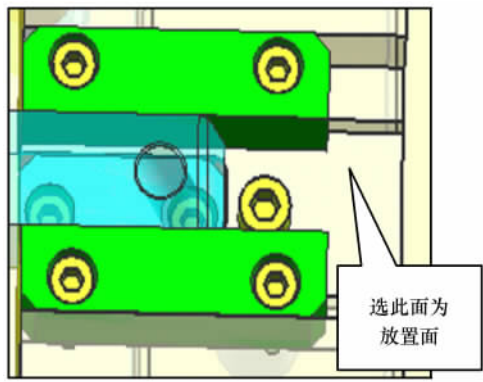


图 5-219 限位螺钉

(6) 创建滑块弹簧孔

第 1 步:把滑块设为显示部件。

第 2 步:利用“拉伸”命令直接切出一个直径为 9mm、深 15mm 的弹簧孔,如图 5-221 所示。



图 5-220 “点”对话框

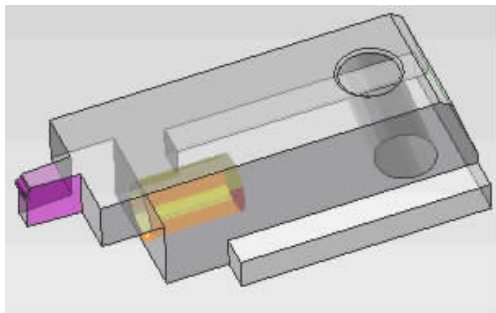


图 5-221 滑块弹簧孔

(7) 创建固定螺钉的避空位

固定螺钉避空位的创建这里不再详述,可以参考模块四的相关内容。

(8) 创建垃圾钉以及复位弹簧

具体创建方法参照模块四的相关内容。

小结:完成的整套模具如图 5-222 所示。针对此套模具,重点讲解了滑块结构的创建,以及浇注系统偏置的设计方法。注口衬套距模具中心 20mm,所以定模固定板的 KO 孔必须偏置 20mm,以保持与注口衬套的轴线一致。整套模具创建完成后,需要输出规范的 2D 工程图。

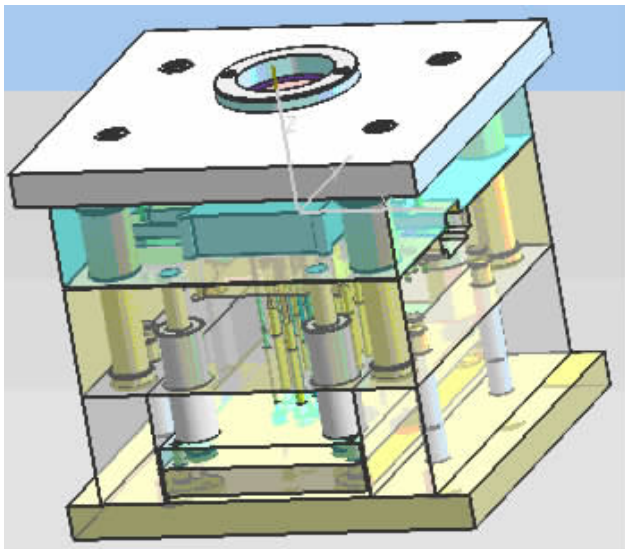


图 5-222 整套模具

模块六 内侧抽芯模具设计

【项目引导】

现代电子产品非常注重外观,前后盖的装配往往不使用螺钉连接,而是采用内倒扣结构。如图 6-1 所示为某款手机后盖的内倒扣结构,其工程图如图 6-2 所示。

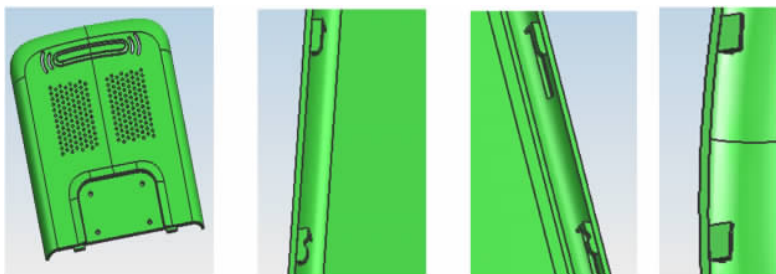


图 6-1 手机后盖的内倒扣结构

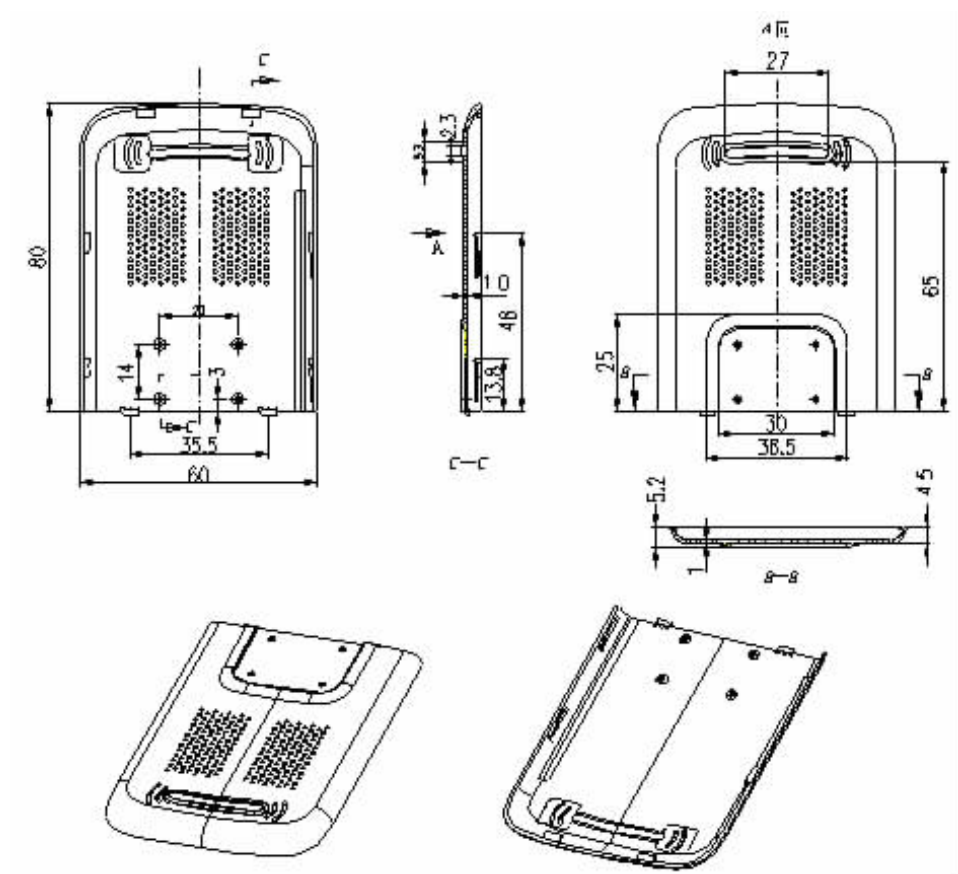


图 6-2 手机后盖工程图

设计要求:

- ① 分析塑件的结构工艺性。
- ② 初步确定该手机后盖注射成型的工艺参数。
- ③ 确定手机后盖注射模的结构方案。
- ④ 运用 UG 软件进行手机后盖注射模具设计。

【项目分析】

1. 原材料分析

引导学生分析手机后盖原材料选择的考量因素,正确选择塑料原料,并分析该塑料原料的注射成型工艺特点。

2. 手机后盖模具结构分析

根据手机后盖的零件图分析手机后盖的结构工艺性,特别是 6 处内倒扣的结构分析,引导学生分析手机后盖模具中的内侧抽芯分型机构。

3. 注射成型工艺参数分析

组织学生分组查找资料,初步确定注射压力、加热温度、模具温度等工艺参数,为模具设计做准备。

【实训操作】

运用 UG 软件进行手机后盖注射模具设计。

1. 塑件工艺分析与模具结构

分析产品结构可知产品分型面如图 6-3 所示,产品中间的碰穿孔分在定模侧。

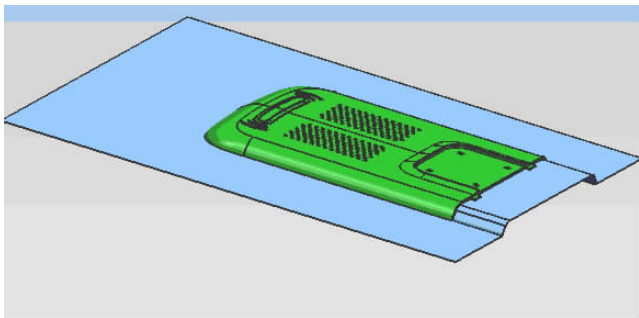




图 6-3 分型面

由于手机后盖是手机最重要的部件之一,且有很高的尺寸精度和外观要求,所以模具采用一模二穴的两板模结构。后盖侧边的 6 处内倒扣,宜采用斜顶杆实现内侧抽芯。根据塑件结构和外观要求,采用边缘侧浇口进料方式,浇口位置如图 6-4 所示。

2. 把模具中心坐标与绝对坐标对齐

第 1 步:单击  按钮→选择“所有应用模块”→单击“注塑模向导”。

第 2 步:按 Ctrl+M 快捷键转到建模环境下。

第3步:单击按钮→系统弹出“创建方块”对话框,把“默认间隙”设置为“0”(见图 6-5)→按 F8 键放正产品,选择产品的最大边缘面→单击“确定”按钮,创建图 6-6 所示的方块。

第4步:单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击“原点”。

第5步:系统自动弹出“点”对话框(见图 6-7),在“类型”列表中选择“面上的点”,选择方块底面→“U 向参数”以及“V 向参数”都改成“0.5”→单击“确定”按钮。工作坐标置于图 6-8 所示的位置。

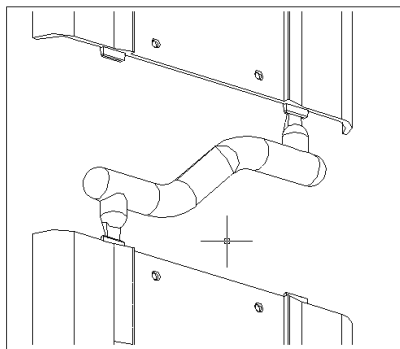


图 6-4 浇口位置



图 6-5 “创建方块”对话框

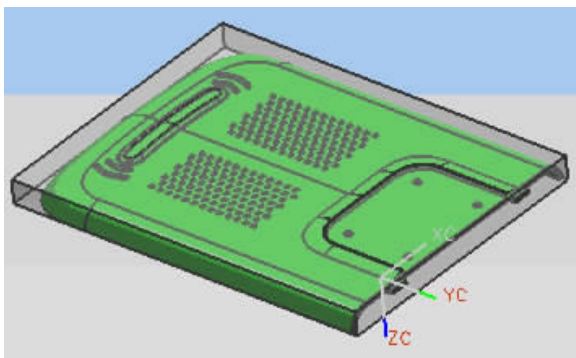


图 6-6 创建的方块



图 6-7 “点”对话框

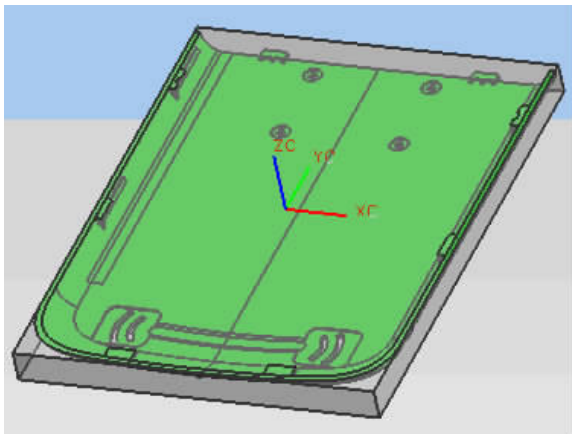




图 6-8 工作坐标

第 6 步:单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→系统自动弹出“移动对象”对话框(见图 6-9)。

第 7 步:框选创建的方块以及产品→在“运动”列表中选择“CSYC 到 CSYC”→单击“指定从 CSYS”栏中的按钮→系统自动弹出“CSYS”对话框(见图 6-10)→在“参考”列表中选择“WCS”选项→单击“确定”按钮。

第 8 步:单击“指定到 CSYS”栏中的按钮→系统自动弹出“CSYS”对话框(见图 6-11)→在“参考”列表中选择“绝对”选项→单击“确定”按钮。

第 9 步:在“移动对象”对话框中把“移动原先的”复选框选中→单击“确定”按钮。

第 10 步:单击“格式”菜单→选择“WCS”→单击“定向”按钮→系统弹出“CSYS”对话框(见图 6-12)→在“参考”列表中选择“绝对”选项→单击“确定”按钮。




图 6-9 “移动对象”对话框



图 6-10 “CSYS”对话框(一)



图 6-11 “CSYS”对话框(二)


第 11 步:单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→系统自动弹出“移动对象”对话框,框选方块以及产品,在“运动”列表中选择“角度”选项(见图 6-13),选择图 6-14 所示的矢量→单击按钮→系统弹出“点”对话框,把绝对坐标值都设置为“0”,如图 6-15 所示→单击“确定”按钮→系统返回到“移动对象”对话框→将“角度”设置为“180”→单击“确定”按钮。

第 12 步:同样用“移动对象”命令把方块以及产品沿 Y 负方向移动 55mm,得到图 6-16 所示的绝对坐标系。

第 13 步:单击“插入”菜单→选择“基准/点”→单击“基准 CSYS”→系统自动弹出“基准 CSYS”对话框,在“参考”列表中选择“绝对”选项→单击“确定”按钮(见图 6-17)。

第 14 步:通过图层管理可以把方块放入图层 256 中,或直接删除。

3. 抽取复制一个产品

第 1 步:选中产品→单击“格式”菜单→选择移动至图层(M)→在弹出的“图层移动”对话框中,将目标图层设为图层 4→单击“确定”按钮。



第 2 步:单击“插入”菜单→选择关联复制(A)→选择抽取(E)→在弹出的“抽取”对话框中(见图 6-18)的“类型”列表中选择“体”→选择原始产品→在对话框中的“设置”栏中,选中“隐藏原先的”复选框→单击“确定”按钮。



图 6-12 “CSYS”对话框(三)



图 6-13 “移动对象”对话框

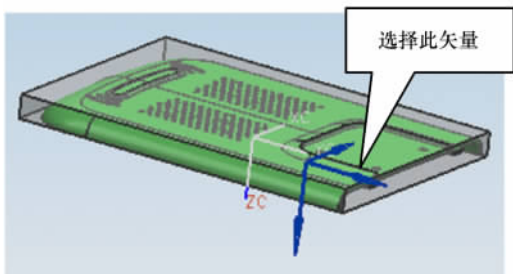


图 6-14 选择矢量



图 6-15 “点”对话框

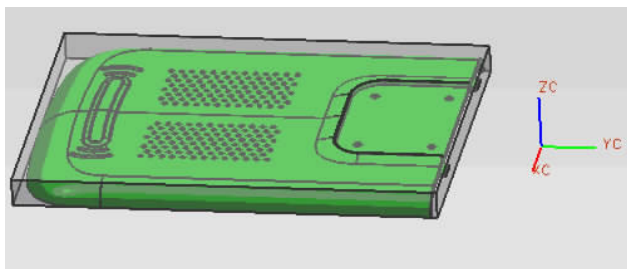


图 6-16 绝对坐标系



图 6-17 “基准 CSYS”对话框

第3步:把抽取来的产品放置到图层5中。选中产品→单击“格式”菜单→选择“移动至图层(M)”→在弹出的“图层移动”对话框中(见图6-19),将目标图层设为图层5→单击“确定”按钮。

第4步:按Ctrl+L快捷键打开“图层设置”对话框(见图6-20),把图层4关闭,显示图层5。



图 6-18 “抽取”对话框



图 6-19 “图层移动”对话框

4. 设置收缩率

第1步:单击“插入”菜单→选择“偏置/缩放(O)”→选择“缩放体(S)”。

第2步:在弹出的“缩放体”对话框(见图6-21)中的“类型”列表中选择“均匀”选项→选择产品→将“比例因子”设为“1.005”(即收缩率+1)→单击“确定”按钮。

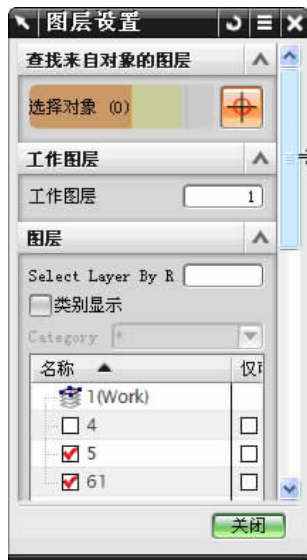



图 6-20 “图层设置”对话框



图 6-21 “缩放体”对话框


5. 确定型腔数量以及布局产品

单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→系统自动弹出“移动对象”对话框,选择产品,在“运

动”列表中选择“角度”选项,选择图 6-22 所示的矢量→单击按钮→系统弹出“点”对话框,把绝对坐标值都设置为“0”→单击“确定”按钮→系统返回到“移动对象”对话框→把“角度”设为“180”,选中“复制原先的”复选框→单击“确定”按钮(见图 6-23)。

6. 确定工件尺寸以及创建工件

第 1 步:单击“拉伸”按钮→系统自动弹出“拉伸”对话框→选择“X-Y”平面作为草绘平面(见图 6-24)。

第 2 步:系统自动转入草绘状态→绘制图 6-25 所示的工件截面图→单击按钮。

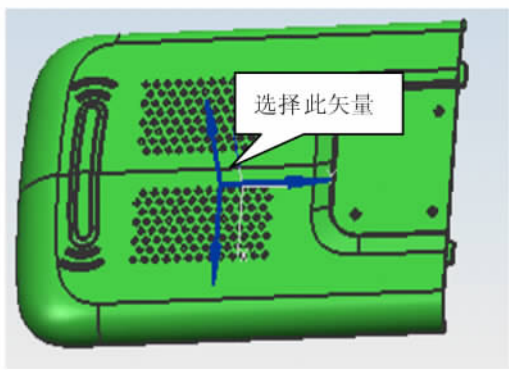


图 6-22 选择矢量



图 6-23 “移动对象”对话框

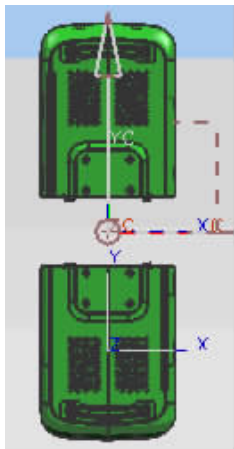


图 6-24 产品布局

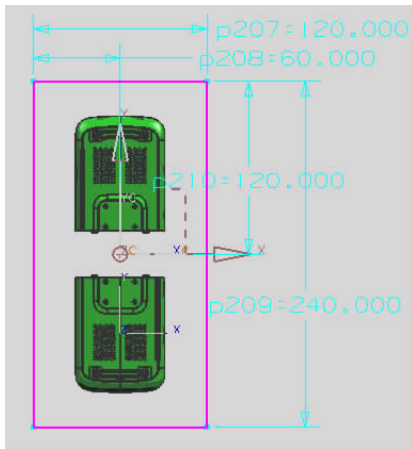


图 6-25 工件截面图

第 3 步:系统自动返回“拉伸”对话框,设置“开始距离”为“-30”,“结束距离”为“30”→单击“确定”按钮(见图 6-26)。

第 4 步:选择工件实体→按 Ctrl+J 快捷键打开“编辑对象显示”对话框→把工件改成半透明的(见图 6-27)。



图 6-26 “拉伸”对话框

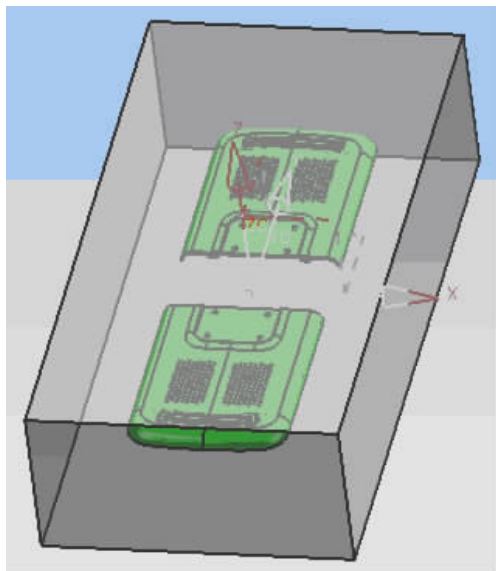


图 6-27 创建的工件

7. 创建分型面以及修补破孔面

第 1 步:选择“拉伸”命令,草绘图 6-28 所示的一条线→按 Ctrl+Q 快捷键退出草绘→设置好拉伸距离→单击“确定”按钮,得到图 6-29 所示的面。

第 2 步:选择“拉伸”命令→系统自动弹出“拉伸”对话框→选择“X-Z”面作为草绘平面,绘制图 6-30 所示的截面→按 Ctrl+Q 快捷键退出草绘→设置拉伸距离为“20”→单击“确定”按钮,得到图 6-31 所示的面。

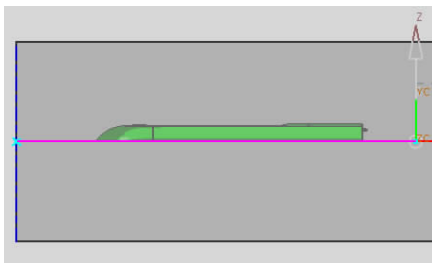


图 6-28 草绘直线

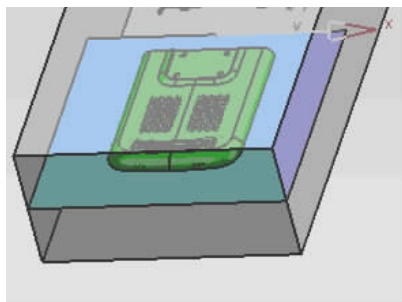


图 6-29 拉伸的面 1

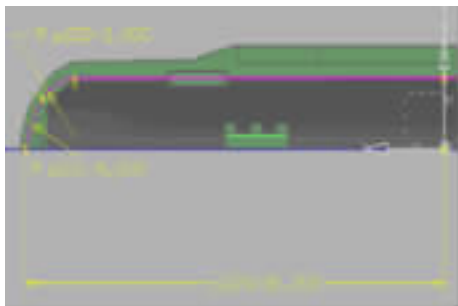


图 6-30 绘制截面

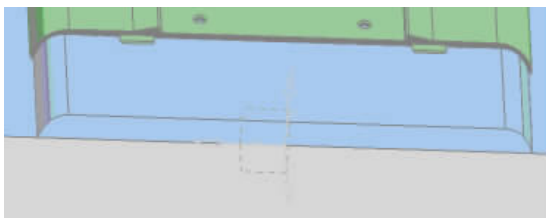


图 6-31 拉伸的面 2

第3步:单击“插入”菜单→选择“修剪”→单击“修剪的片体”。

第4步:系统自动弹出“修剪的片体”对话框→选择拉伸的面1作为目标体,选择产品边缘以及拉伸的面2的两个侧边作为边界对象→选中“保留”选项→单击“确定”按钮。

第5步:参考以上操作,完成拉伸的面2的修剪。修剪后的面如图6-32所示。

第6步:单击“插入”菜单→选择“组合体”→单击“缝合”。

第7步:系统自动弹出“缝合”对话框(见图6-33)→选择枕位的任意一个面作为目标体,选择另一个面作为刀具体→单击“确定”按钮。

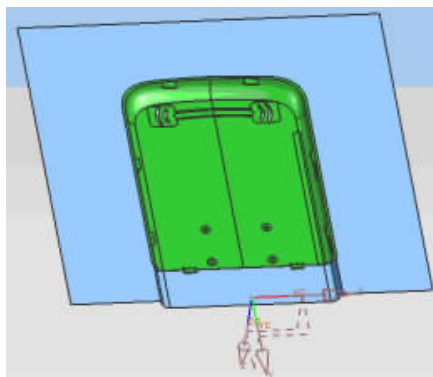



图 6-32 修剪后的面



图 6-33 “缝合”对话框

第8步:按 Ctrl+B 快捷键→选择工件并将其隐藏。

第9步:单击按钮→系统自动弹出“选择面”对话框(见图6-34)→选择碰穿孔的底面→系统自动选中碰穿孔的边缘,并弹出“选择孔”对话框(见图6-35)→单击“确定”按钮→系统返回到“选择面”对话框。

第10步:选择其他任意一个碰穿孔的底面→系统自动选中碰穿孔的边缘,并弹出“选择孔”对话框→单击“确定”按钮→系统返回到“选择面”对话框。

第11步:重复以上操作完成所有碰穿孔的修补。修补好的碰穿孔如图6-36所示。



图 6-34 “选择面”对话框



图 6-35 “选择孔”对话框

第12步:单击“插入”菜单→选择“来自体的曲线”→单击“求交”→系统自动弹出“相交曲线”对话框(见图6-37)→第一组面选择拉伸的面2,第二组面选择被分型线贯穿的1个大面及8个小面(见图6-38)→单击“确定”按钮,得到图6-39所示的分型线。

注意:分型线穿过1个大面以及8个小面,也就是这些面有一部分分在定模侧,另一部分分在动模侧,因此需要把这些面沿着分型线分割成定模侧的面以及动模侧的面。如果分割后有的面拔模方向反了,还要将其反向拔模,以保证这些面不会产生倒扣。因为该产品这些面是没有拔模斜度的,所以不需要处理拔模角的问题。

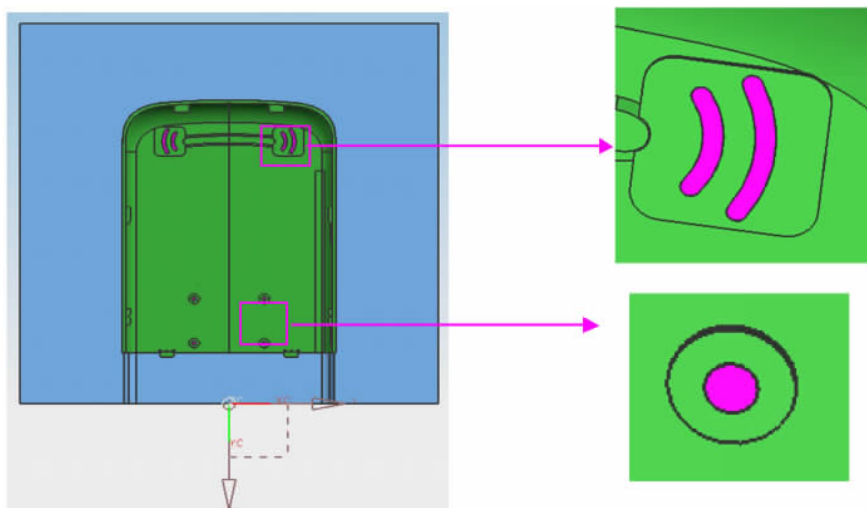


图 6-36 修补好的碰穿孔



图 6-37 “相交曲线”对话框

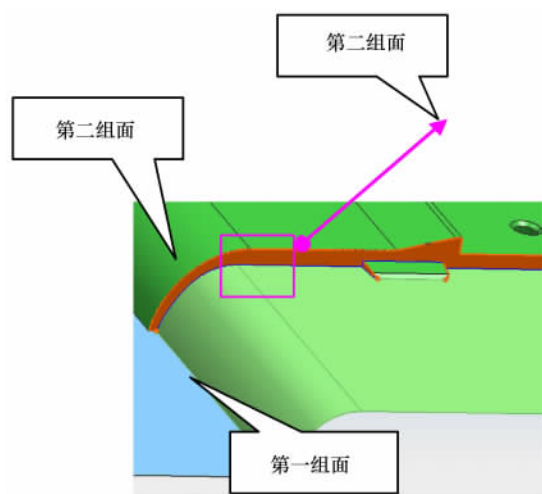


图 6-38 选择面

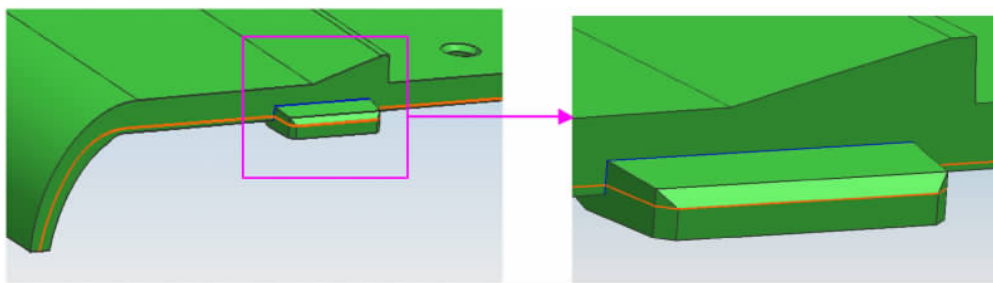


图 6-39 产品头部端面的分型线


第 13 步,单击“分割面”按钮  →系统自动弹出“分割面”对话框(见图 6-40)→“要分割的面”选择被分型线贯穿的 1 个大面及 8 个小面,“分割对象”选择求交得到的曲线(见图 6-41)→单击“确定”按钮。



图 6-40 “分割面”对话框

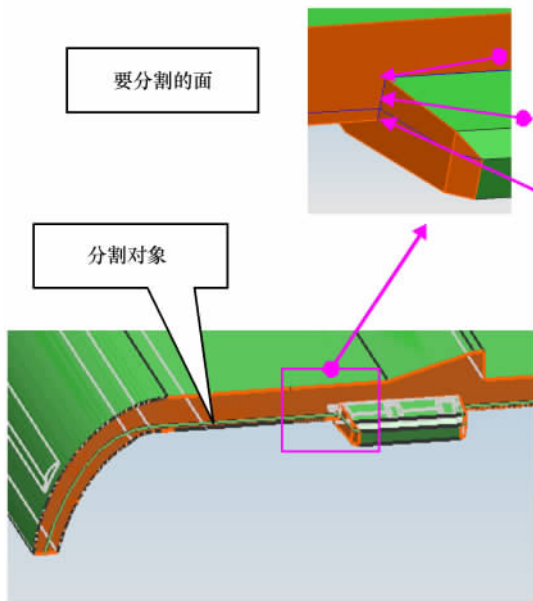


图 6-41 选择要分割的面以及分割对象


第 14 步: 单击  抽取 按钮→系统自动弹出“抽取”对话框(见图 6-42)→在“类型”列表中选择“面区域”选项→选择产品型腔侧任意一个面作为“种子面”(见图 6-43)。



图 6-42 “抽取”对话框

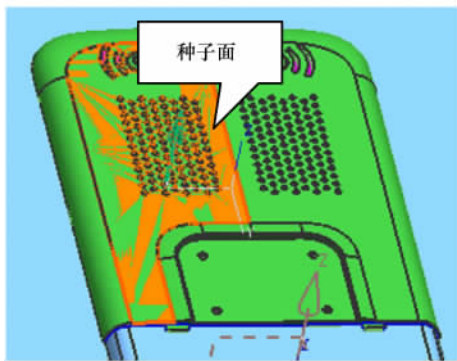


图 6-43 选择“种子面”

第 15 步: 选择产品所有碰穿孔底面周边以及产品定模侧与动模侧交界的面作为“边界面”, 如图 6-44 所示。

第 16 步: 在“抽取”对话框中, 选中“遍历内部边”复选框→取消选中“设置”栏中的“删除孔”复选框, 选中其余的复选框→单击“确定”按钮, 抽取的型腔面如图 6-45 所示。

第 17 步: 选中最大分型面、产品型腔侧的面→单击“格式”菜单→选择“移动至图层”→在弹出的“图层移动”对话框中, 将目标图层设为图层 28→单击“确定”按钮。

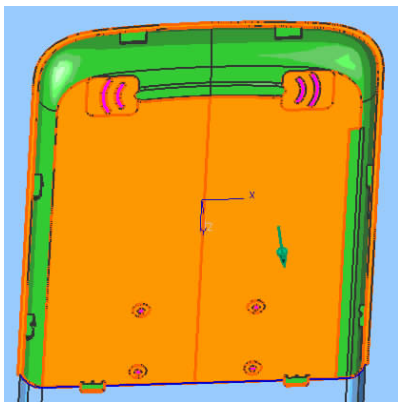


图 6-44 选择“边界面”

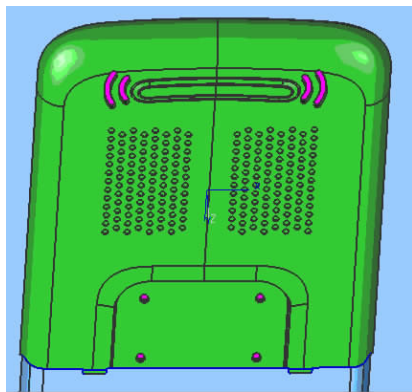


图 6-45 抽取的型腔面

第 18 步:选中最大分型面→单击“格式”菜单→选择“复制至图层”→在弹出的“图层复制”对话框中,将目标图层设为图层 27→单击“确定”按钮。

第 19 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把其他图层关闭,只打开图层 28。

第 20 步:选择“缝合”命令→选择最大分型面作为目标体,选择产品型腔面以及所有碰穿孔修补面作为刀具体→单击“确定”按钮。缝合后单穴的型腔分型面如图 6-46 所示。

第 21 步:单击“编辑”菜单→单击“移动对象”→系统弹出“移动对象”对话框→选择缝合的单穴型腔面,在“运动”列表中选择“角度”选项,选择与 Z 轴正方向一致的矢量,轴点选定为绝对坐标原点,“角度”设为“180”,选中“复制原先的”复选框→单击“确定”按钮。

第 22 步:选择“缝合”命令→选择单穴的分型面作为目标体,选择旋转复制的另一穴的型腔面作为刀具体→单击“确定”按钮,得到完整的型腔分型面,如图 6-47 所示。

第 23 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 28 关闭,只打开图层 5 及图层 27。

第 24 步:参照抽取型腔面的方法抽取型芯面,如图 6-48 所示。

第 25 步:通过“移动至图层”命令把抽取的型芯面移动到图层 27。

第 26 步:选择“缝合”命令→选择最大分型面作为目标体,选择产品型芯面以及所有碰穿孔修补面作为刀具体→单击“确定”按钮。缝合后单穴的型芯分型面如图 6-49 所示。

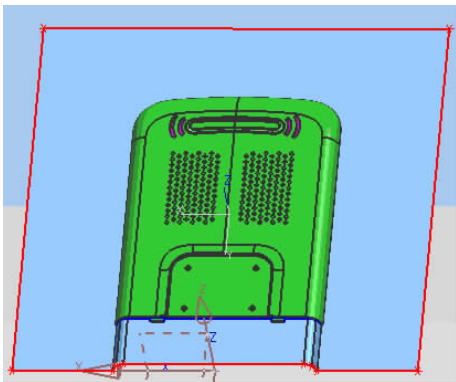


图 6-46 缝合后单穴的型腔分型面

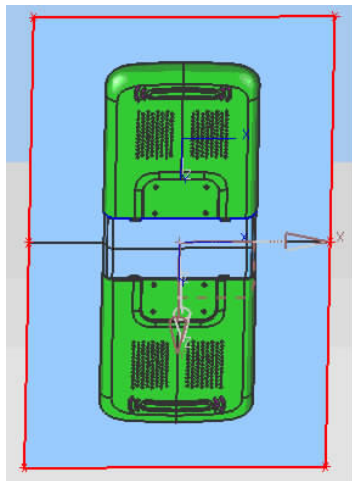


图 6-47 完整的型腔分型面

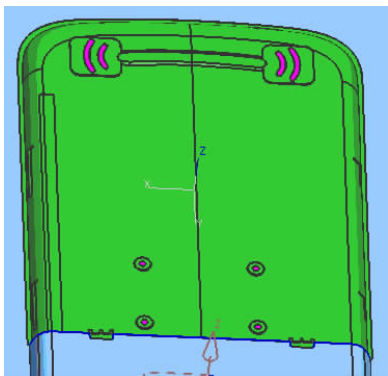


图 6-48 抽取的型芯面

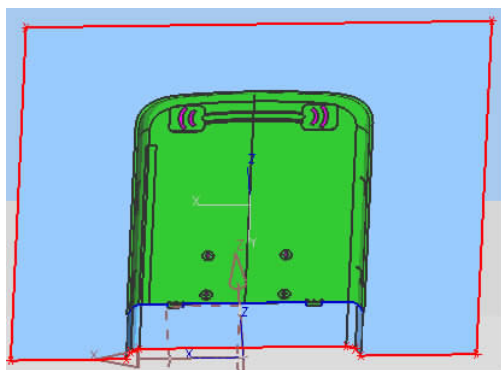


图 6-49 缝合后单穴的型芯分型面

第 27 步:参考第 21~22 步,旋转复制另一穴的型芯分型面,然后把两穴的分型面缝合,得到图 6-50 所示的完整的型芯分型面。

第 28 步:按 Ctrl+Shift+U 快捷键显示工件,然后通过“移动至图层”命令把工件移动到图层 7。

第 29 步:通过“复制至图层”命令把工件复制至图层 8。

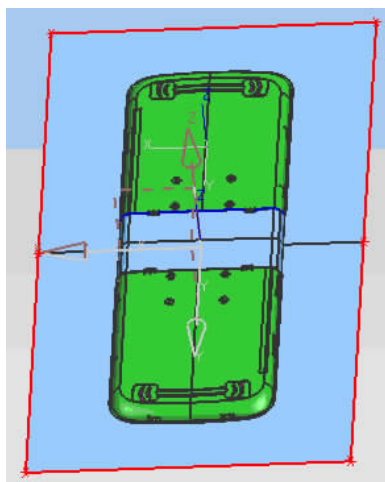



图 6-50 缝合后完整的型芯分型面

8. 创建型腔和型芯


第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 7 以及图层 27 打开,其余图层关闭。

第 2 步:在模具工具栏中单击分割实体按钮→系统弹出“分割实体”对话框(见图 6-51)→选择工件→“分割实体”对话框变成图 6-52 所示的形式→选中“由实体、片体、基准平面分割”复选框→选择型芯分型面→单击“确定”按钮→系统弹出“修剪方法”对话框(见图 6-53)→单击“确定”按钮→系统自动返回“分割实体”对话框→单击“取消”按钮。完成分割后的型芯如图 6-54 所示。

第 3 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 7、图层 27 关闭,打开图层 8 及图层 28。



图 6-51 “分割实体”对话框(一) 图 6-52 “分割实体”对话框(二) 图 6-53 “修剪方法”对话框

第 4 步:在模具工具栏中单击分割实体按钮→系统弹出“分割实体”对话框(见图 6-51)→选择工件→“分割实体”对话框变成图 6-52 所示的形式→选中“由实体、片体、基准平面分割”复选框→选择型腔分型面→单击“确定”按钮→系统弹出“修剪方法”对话框→单击“翻转修剪”→系统自动返回“分割实体”对话框→单击“取消”按钮。完成分割后的型腔如图 6-55 所示。

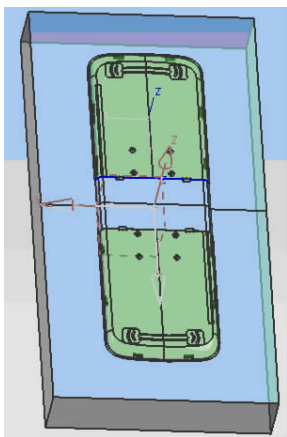


图 6-54 完成分割后的型芯

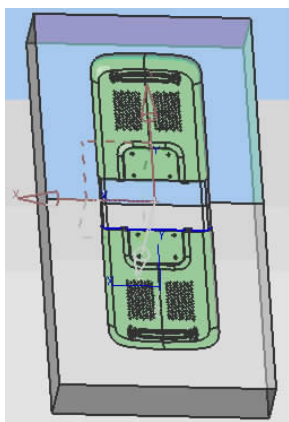

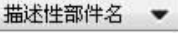



图 6-55 完成分割后的型腔

9. 创建斜顶

第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,将其他图层关闭,只打开图层 7 与图层 8。

第 2 步:单击装配导航器按钮→鼠标指针移到描述性部件名上单击右键→在弹出的菜单中选择 WAVE 模式。

第 3 步:在装配导航器中右键单击产品名称03_stp→选择“WAVE”→单击“新建级别”→系统自动弹出“新建级别”对话框(见图 6-56)→单击“指定部件名”→系统自动弹出“选择部件名”对话框(见图 6-57),在“文件名”组合框中输入“A01”→单击“OK”按钮→系统返回到“新建级别”对话框(见图 6-58)→单击“类选择”按钮→系统自动弹出“WAVE 组件间的复制”对话框(见图 6-59)→选择型腔实体(见图 6-60)→单击“确定”按钮→系统返回到“新建级

别”对话框→单击“确定”按钮。装配导航器目录如图 6-61 所示。



图 6-56 “新建级别”对话框

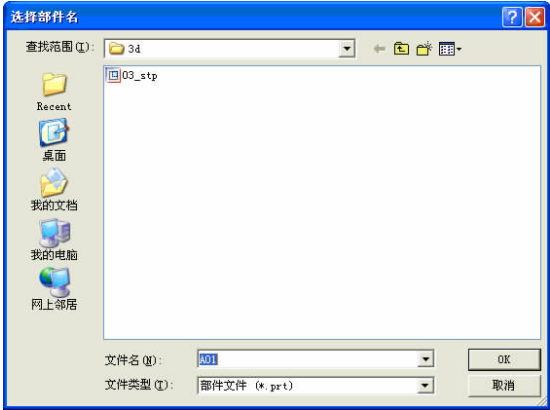


图 6-57 “选择部件名”对话框

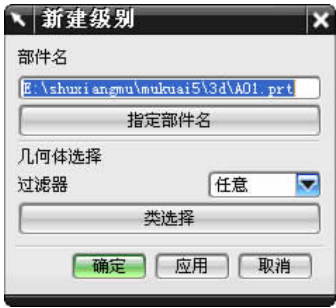


图 6-58 “新建级别”对话框



图 6-59 “WAVE 组件间的复制”对话框

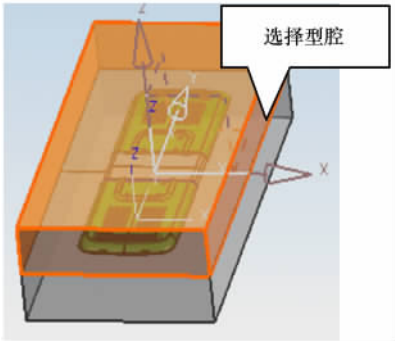



图 6-60 选择型腔



图 6-61 装配导航器目录

第 4 步:按相同的操作完成新组件 B01 的创建。所不同的是单击“类选择”后,选择型芯实体。

第 5 步:右键单击装配导航器目录中的“A01”→单击 设为显示部件 (见图 6-62)。

第6步:系统自动转到 A01 部件的工作环境中,绘图区域是空的,按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,打开图层 8。绘图区域显示出型腔模型。

第7步:单击“窗口”菜单→单击 3. 03_stp.prt →返回到分模部件的环境(见图 6-63)。

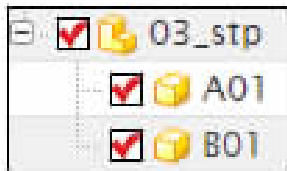


图 6-62 装配导航器目录(一)

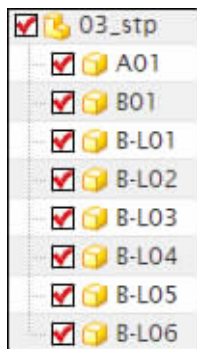


图 6-63 装配导航器目录(二)

第8步:参照第5~7步的操作,显示 B01 的图档,并返回到分模部件的环境。

第9步:双击装配导航器中的 ☒ 03_stp →取消选中“B01”、“A01”,把 B01 和 A01 隐藏。

第10步:用“移动至图层”命令把型腔、型芯分别移到图层 18、图层 17。


第11步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,关闭图层 17 与图层 18,打开图层 7 与图层 8。

注意:这里把原来的型芯与型腔分别放在图层 17、图层 18 并隐藏掉,而分别用 B01、A01 部件复制了其体。后续就把 A01 部件当成型腔,B01 部件当成型芯。

第12步:在装配导航器中显示 A01、B01。

第13步:在装配导航器中右键单击产品名称 ☒ 03_stp →选择“WAVE”→单击“新建级别”→系统自动弹出“新建级别”对话框→单击“指定部件名”→系统自动弹出“选择部件名”对话框,在“文件名”组合框中输入“B-L01”→单击“OK”按钮→系统返回到“新建级别”对话框→单击“确定”按钮。

第14步:参照上一步的操作创建新部件 B-L02、B-L03、B-L04、B-L05、B-L06。

第15步:在装配导航器目录中双击“B-L01”→单击  按钮→确定是在装配环境中。

第16步:单击“插入”菜单→选择“关联复制”→单击“WAVE 几何链接器”→系统自动弹出“WAVE 几何链接器”对话框,在“类型”列表中选择“体”选项→选择型芯→选中“关联”、“固定于当前时间戳记”复选框,其他的不选→单击“确定”按钮(见图 6-64)。

第17步:参照第15~16步,把型芯分别链接复制到 B-L02、B-L03、B-L04、B-L05、B-L06 中。

第18步:把 B-L01 设置为显示部件。

第19步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,打开图层 7。

第20步:以绝对坐标系为参照插入一个基准坐标系。

第21步:选择“拉伸”命令→选择“X-Y”基准面作为草绘平面,绘制图 6-65 所示的草绘图,拉伸高度在 Z 轴正方向为 6mm,在 Z 轴负方向为 4mm→单击“确定”按钮。拉伸的方块如图 6-66 所示。



图 6-64 “WAVE 几何链接器”对话框

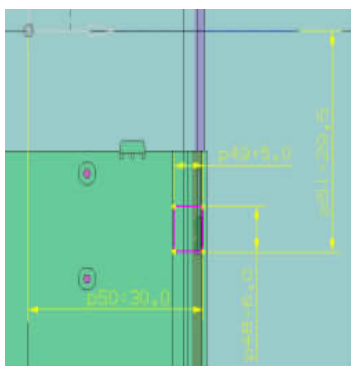


图 6-65 草绘图

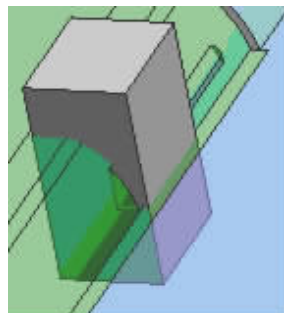



图 6-66 拉伸的方块

第 22 步:选择“拉伸”命令→选择上一步拉伸的方块的一个侧面作为草绘平面,绘制图 6-67 所示的草绘图→在“拉伸”对话框的“开始”列表中选择“直到被延伸”选项→选择方块的另一个侧面→在“布尔”列表中选择“求和”→单击“确定”按钮(见图 6-68)。拉伸的实体如图 6-69 所示,这是斜顶 B-L01 的实体。

第 23 步:选择“求交”命令→选择复制链接的型芯实体作为目标体,斜顶 B-L01 的实体作为刀具体→单击“确定”按钮。求交后的实体如图 6-70 所示。

第 24 步:参照第 18~23 步,完成单穴其他的斜顶,如图 6-71 所示。

第 25 步:单击“装配”菜单→选择“组件”→单击“移动组件”。

第 26 步:系统自动弹出“移动组件”对话框(见图 6-72)→在“类型”列表中选择“绕轴旋转”选项→选择第一穴所有的 6 支斜顶→指定 Z 轴方向为矢量方向→单击  按钮,系统弹出“点”对话框,确认所选点为绝对坐标原点→“角度”设为“180”→“模式”设为“复制”→单击“确定”按钮。另一穴的斜顶如图 6-73 所示。

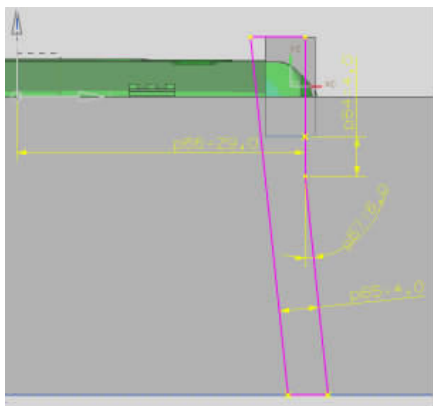


图 6-67 草绘图



图 6-68 “拉伸”对话框

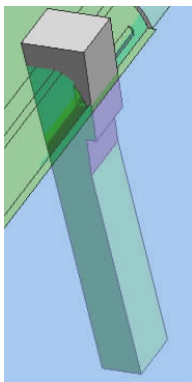


图 6-69 拉伸的实体

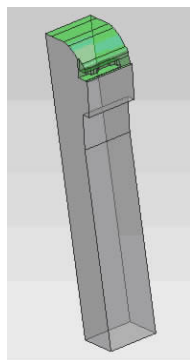


图 6-70 求交后的实体

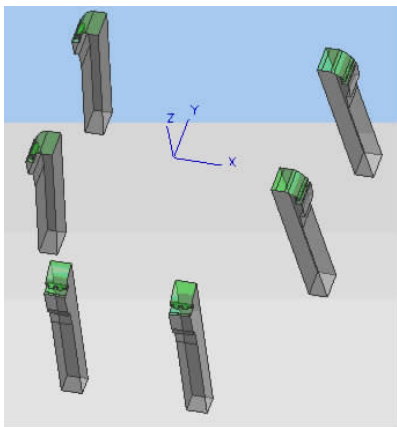



图 6-71 单穴的斜顶



图 6-72 “移动组件”对话框

第 27 步:单击按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择型芯作为切减目标,按鼠标中键确认→将“工具类型”设置为“实线”→选择所有斜顶作为切减刀具,单击“应用”按钮。切减斜顶避空位后的型芯如图 6-74 所示。

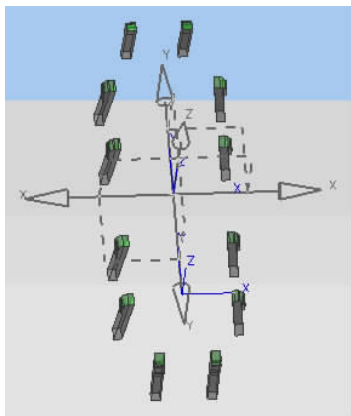


图 6-73 旋转复制另一穴的斜顶

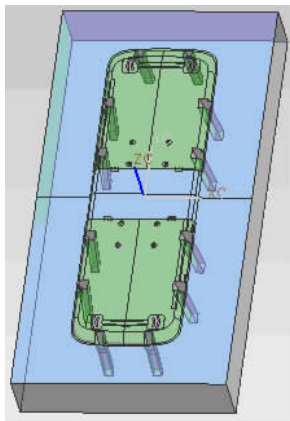


图 6-74 切减斜顶避空位后的型芯

注意:在一模二穴的情况下,通常先创建好一穴的所有零件,再通过“移动组件”命令把这些零件旋转复制或者平移复制到另一穴。具体是旋转复制还是平移复制,要根据产品的布局来决定。

小结:完成的分模图如图 6-75 所示。此套模具的分模难点和重点在于斜顶的创建以及一出二模具相关零件的处理方法。定位虎口、基准角以及倒角在设计完冷却系统之后再去完善。

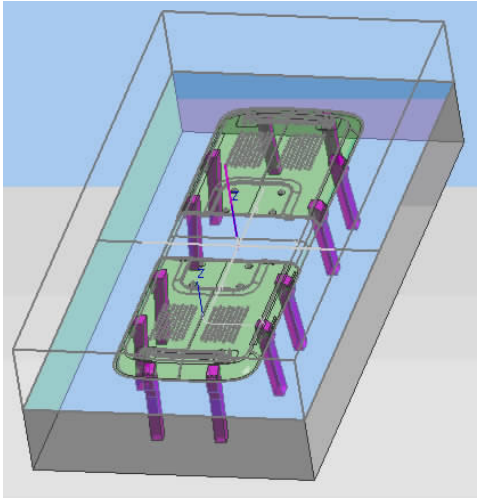



图 6-75 完成的分模图

10. 模架的确定与调用

第 1 步:单击模具工具栏中的“模架”按钮→系统弹出“模架管理”对话框(见图 6-76)→在“目录”列表中选择“FUTABA_S”→在“TYPE”列表中选择“SC”→选择“2335”的模架→把模架的相关参数修改成图 6-76 右边所示的数值,其余的保持不变→单击“确定”按钮。

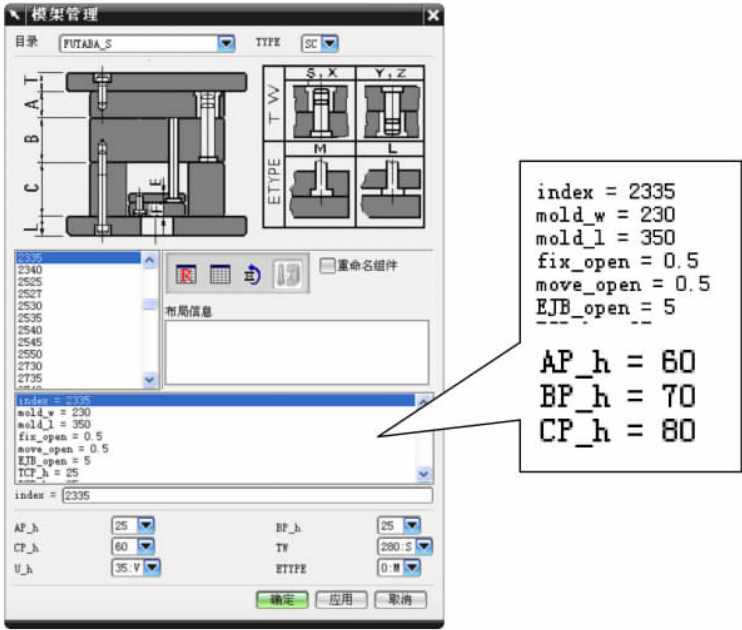



图 6-76 “模架管理”对话框

第2步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 62、图层 100 关闭。调出的模架如图 6-77 所示。

11. 型腔板与型芯板开框

第1步:单击  按钮→系统弹出“创建方块”对话框→选择型腔底面、型芯底面以及型芯的两个侧面,默认间隙设置为零。

第2步:选择“腔体”命令→系统自动弹出“腔体”对话框→选择定模板、动模板为目标体,选择创建的方块为刀具体→单击“确定”按钮。

第3步:在部件导航器中把创建的方块隐藏。

第4步:把定模板设为显示部件,通过“拉伸”命令把定模板型腔避空位的4个清角切出来(见图 6-78)。

第5步:参照上一步操作,把动模板型芯避空位的4个清角切出来。

第6步:通过“窗口”菜单返回到“03_stp”部件显示环境。

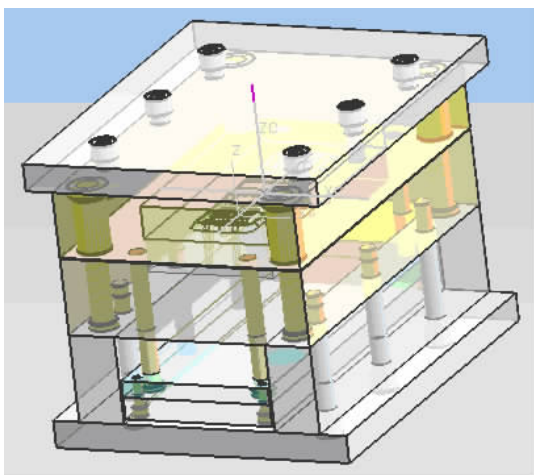


图 6-77 调出的模架

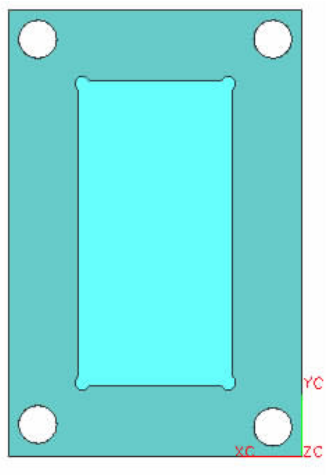




图 6-78 定模板型腔避空位


12. 浇注系统的设计

(1) 调用定位环

第1步:在装配导航器中显示定模部分→单击模具工具栏中的  按钮。

第2步:系统弹出“标准件管理”对话框→在“目录”列表中选择“FUTABA_MM”→在“分类”列表中选择“”→“TYPE”设置为“M_LRC”→直径设置为“100”→厚度设置为“15”(见图 6-79)→单击“应用”按钮。

(2) 调用注口衬套

第1步:在装配导航器中显示定模部分→单击模具工具栏中的  按钮。

第2步:系统弹出“标准件管理”对话框→在“目录”列表中选择“FUTABA_MM”→在“分类”列表中选择“Sprue Bushing”→定位方式选择“重定位”,其他选项采用系统默认设置,如图 6-80所示。

第3步:选择“标准件管理”对话框中的“尺寸”选项卡,修改注口衬套尺寸,如图 6-81 所示,并把“HOLE_CLEAR_DEEP”的值改成“30.5”,其余尺寸采用系统默认设置→单击“确定”按钮。

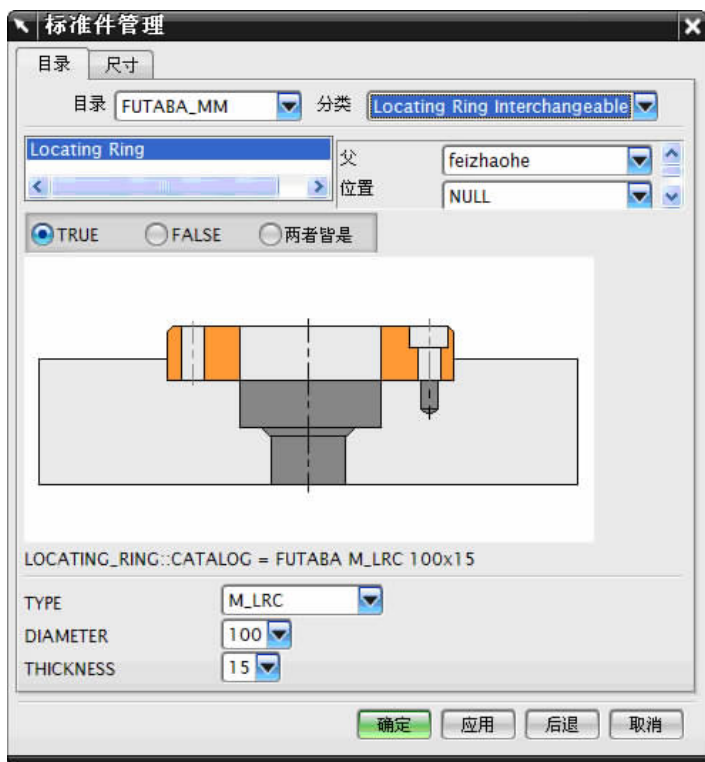


图 6-79 “标准件管理”对话框

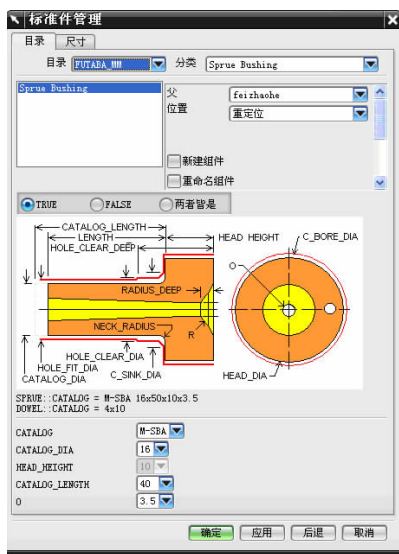



图 6-80 “标准件管理”对话框

第 4 步:系统弹出“点”对话框→输入图 6-82 所示的绝对坐标→单击“确定”按钮。

第 5 步:系统弹出“重定位组件”对话框(见图 6-83)→单击平移按钮→系统弹出“变换”对话框(见图 6-84),“DZ”设为“-5”→单击“确定”按钮→系统自动返回到“重定位组件”对话框→单击“取消”按钮→系统自动返回到“点”对话框→单击“取消”按钮。添加的注口衬套如图 6-85 所示。

```

CATALOG = M-SBA
CATALOG_DIA = 16
HEAD_HEIGHT = 20
CATALOG_LENGTH = 56.882
O = 3.5
R = 11
RADIUS_DEEP = 3
TAPER = 2
MATERIAL = STD
HEAD_DIA = 50

```

图 6-81 修改注口衬套尺寸



图 6-82 “点”对话框

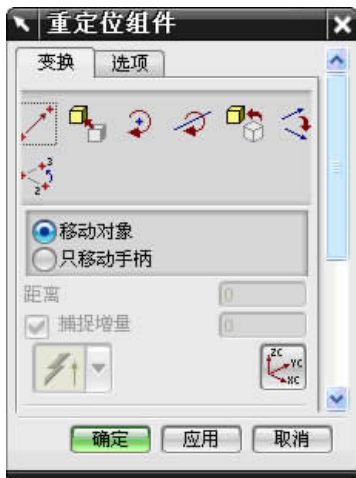


图 6-83 “重定位组件”对话框



图 6-84 “变换”对话框

(3) 切减定位环和注口衬套

第 1 步: 单击 按钮 → 系统弹出“腔体”对话框 → 选择定模固定板作为切减目标, 按鼠标中键确认 → 将“工具类型”设置为“部件” → 选择定位圈作为切减刀具, 单击“应用”按钮。

第 2 步: 选择定模固定板、型腔板、型腔作为切减目标, 按鼠标中键确认 → 选择注口衬套作为切减刀具, 单击“确定”按钮 → 在装配导航器中把定位环以及注口衬套隐藏后得到图 6-86 所示的效果。

注意: 注口衬套以及分流道的长短决定了注塑废料的多少, 所以在型腔强度能保证以及注塑机的射嘴足够长的情况下, 注口衬套可以锁到型腔的底面。这样可以大大缩短注口衬套的长度, 也就意味着大大节省了料头。

(4) 创建分流道

完成定位环以及注口衬套的创建后, 下面开始设计分流道。

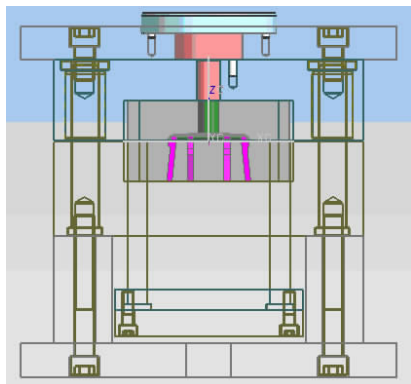


图 6-85 添加的注口衬套

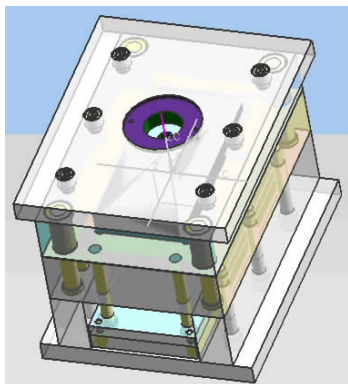


图 6-86 切减后的效果

第 1 步:把型芯 B01 设为显示部件。

第 2 步:插入一个与绝对坐标系重合的基准坐标系。

第 3 步:按图 6-87 所示的分流道图,绘制好图 6-88 所示的草绘图。

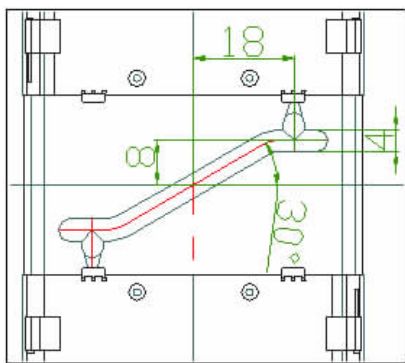


图 6-87 分流道图

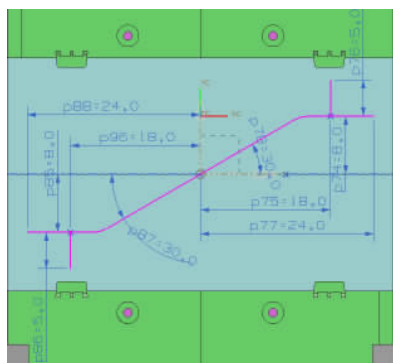


图 6-88 绘制的草绘图

第 4 步:单击“插入”菜单→选择“扫掠”→单击“管道”→系统弹出“管道”对话框(见图 6-89)→选择长的那段草绘线,设置外径为 4mm,内径为 0,其他的选项默认→单击“应用”按钮→选择短的一段曲线→单击“应用”按钮→选择短的另一段曲线→单击“应用”按钮。扫掠的管道如图 6-90 所示。



图 6-89 “管道”对话框

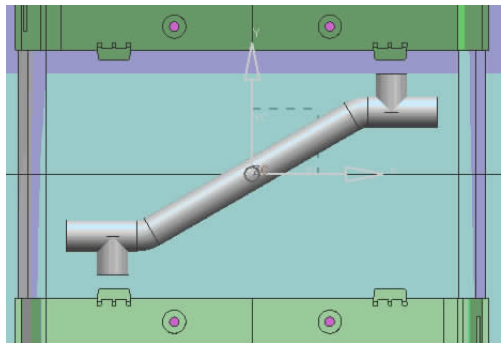


图 6-90 扫掠的管道

第5步:把管道的四端倒上 $R2$ 的圆角,并把三段管道用“求和”命令合并,如图 6-91 所示。

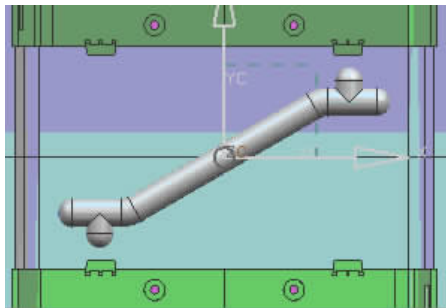



图 6-91 分流道

第6步:通过“窗口”菜单返回到“shoujijianke_stp”部件显示环境,并显示注口衬套。

第7步:单击  按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择型芯、型腔、注口衬套作为切减目标,按鼠标中键确认→将“工具类型”设置为“实线”→选择分流道作为切减刀具,单击“确定”按钮。切除分流道的各个零件如图 6-92 所示。

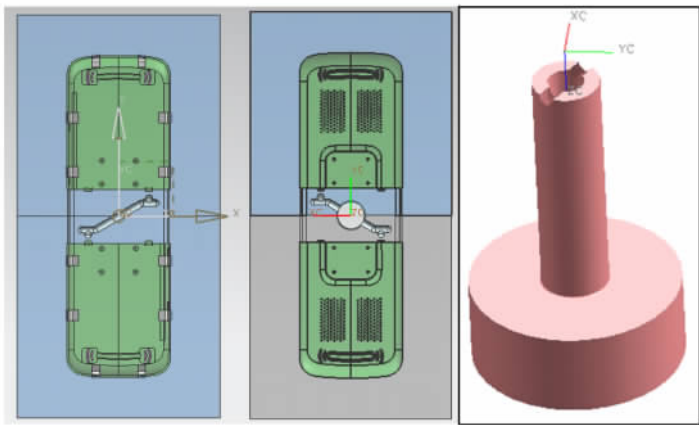


图 6-92 切除分流道的各个零件

(5) 创建浇口

第1步:把型芯 B01 设为显示部件。

第2步:选择“拉伸”命令→草绘图 6-93 所示的草绘图,拉伸一个高 0.3mm 的梯形块,并把底面拔模 15° 得到图 6-94 所示的浇口形状。

第3步:参照上一步的操作完成另一个浇口的创建。


第4步:将型芯与创建的两个浇口方块求差,完成的浇口形状如图 6-95 所示。

13. 顶出系统的设计

产品的 2D 顶针布局图如图 6-96 所示。顶针类型以及顶针的坐标列表如图 6-97 所示。

(1) 创建圆顶针

第1步:通过装配导航器以及图层管理,只显示动模部分。

第2步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框→在“分类”列表中选择“Ejector Pin”→“CATALOG_DIA”设为“4.0”,“CATALOG_LENGTH”设为“150”,“HEAD_TYPE”设为“3”→单击“应用”按钮(见图 6-98)

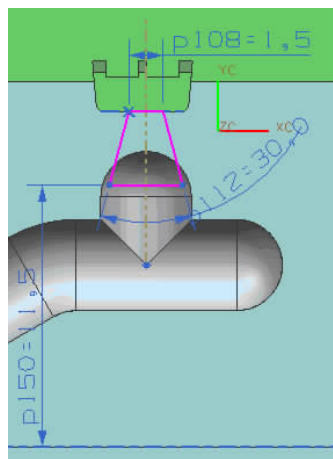


图 6-93 浇口草绘图

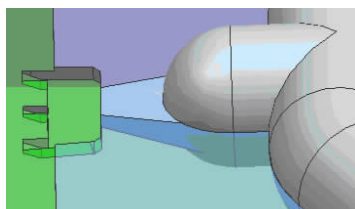


图 6-94 浇口形状

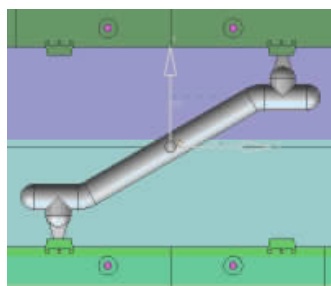


图 6-95 完成的浇口形状

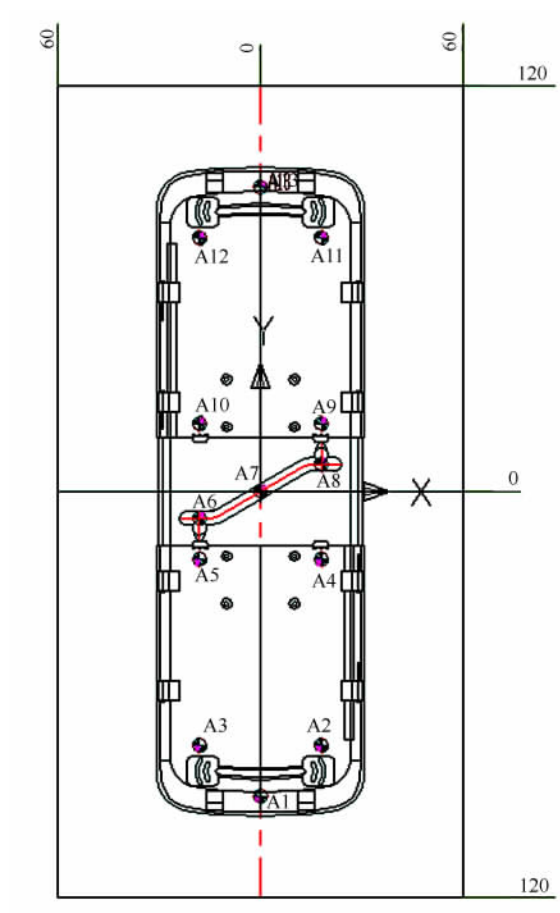


图 6-96 2D 顶针布局图

第 3 步:系统自动弹出“点”对话框(见图 6-99)→“X”、“Y”坐标分别设为“0”、“-90”→单击“确定”按钮→按坐标列表输入各圆顶针的坐标,创建相应的圆顶针。创建的顶针如图 6-100 所示。

序号	编号	尺寸	X	Y
1	A1	圆顶针 $\phi 4$.0	-90.0
2	A2	圆顶针 $\phi 4$	18.0	-75.0
3	A3	圆顶针 $\phi 4$	-18.0	-75.0
4	A4	圆顶针 $\phi 4$	18.0	-20.0
5	A5	圆顶针 $\phi 4$	-18.0	-20.0
6	A6	圆顶针 $\phi 4$	-18.0	-8.0
7	A7	圆顶针 $\phi 4$.0	.0
8	A8	圆顶针 $\phi 4$	18.0	8.0
9	A9	圆顶针 $\phi 4$	18.0	20.0
10	A10	圆顶针 $\phi 4$	-18.0	20.0
11	A11	圆顶针 $\phi 4$	18.0	75.0
12	A12	圆顶针 $\phi 4$	-18.0	75.0
13	A13	圆顶针 $\phi 4$.0	90.0
		圆顶针 $\phi 4$ 共 13 支		

图 6-97 顶针类型以及顶针的坐标列表

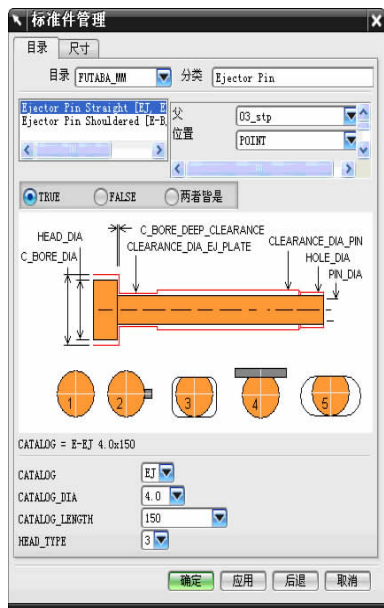


图 6-98 “标准件管理”对话框



图 6-99 “点”对话框

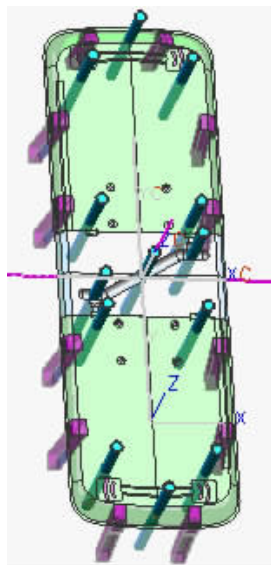


图 6-100 创建的顶针

(2) 顶针后处理

第 1 步:按 Ctrl+L 快捷键打开“图层设置”对话框,把图层 27 打开,显示型芯分型面。

第 2 步:单击 顶杆后处理 按钮→系统弹出“顶杆后处理”对话框(见图 6-101)→选择所有顶针作为目标体→单击 按钮。

第 3 步:在“修剪曲面”列表中选择“选择片体”→选择型芯分型面→单击“确定”按钮。处理后的顶针如图 6-102 所示。

第 4 步:拉料顶针的处理可以参考模块四的相关内容。



图 6-101 “顶杆后处理”对话框

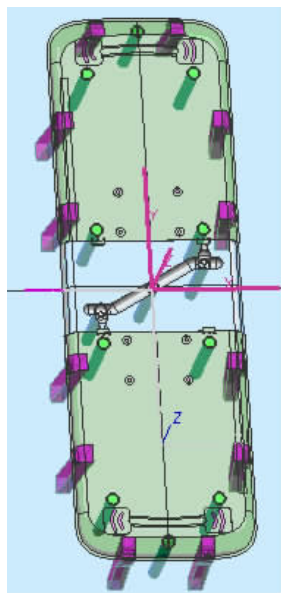



图 6-102 处理后的顶针

(3) 切减顶针避空位

单击模具工具栏中的  按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择型芯、型芯镶件、动模板、顶针面板、动模固定板作为目标体→选择所有顶针作为刀具体→单击“确定”按钮。切减顶针避空位的各个零件如图 6-103 所示。

注意:在切减顶针避空位的时候如果遇到没有切减的情况,可以先将模具零件设为工作部件,然后通过“腔体”命令进行切减。如果切减后发现某些参数不够合理,可单击标准件按钮,选择相应的标准件并修改标准件的相关参数,直到得到合理的切减避空位为止。

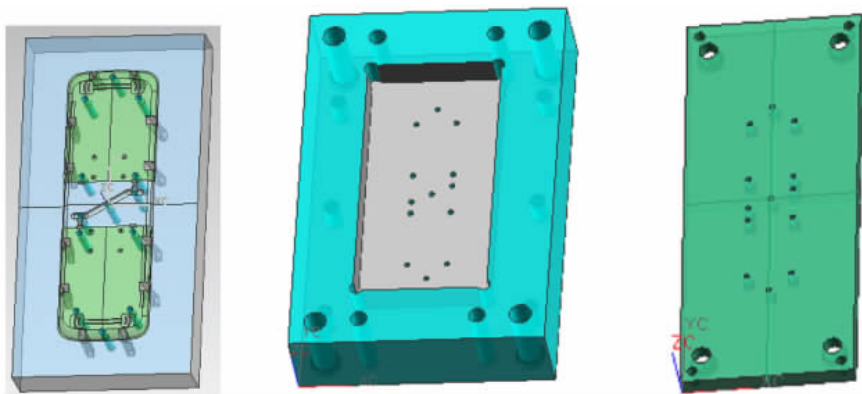


图 6-103 切减顶针避空位的各个零件

14. 冷却系统的设计

型芯的冷却水道如图 6-104 所示,型腔的冷却水道如图 6-105 所示。具体的操作参照模块四的相关内容,这里不再详细叙述。

15. 创建斜顶机构

(1) 斜顶的完善

第 1 步:把滑块 B-L01 设为显示部件。

第 2 步:用“偏置面”命令把斜顶 B-L01 的底面偏置 68.5mm(见图 6-106)。

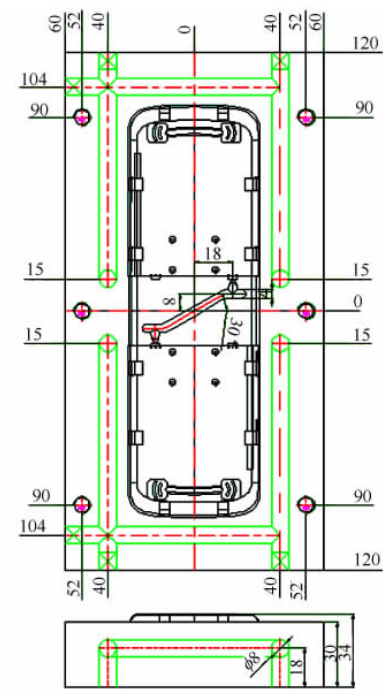


图 6-104 型芯的冷却水道

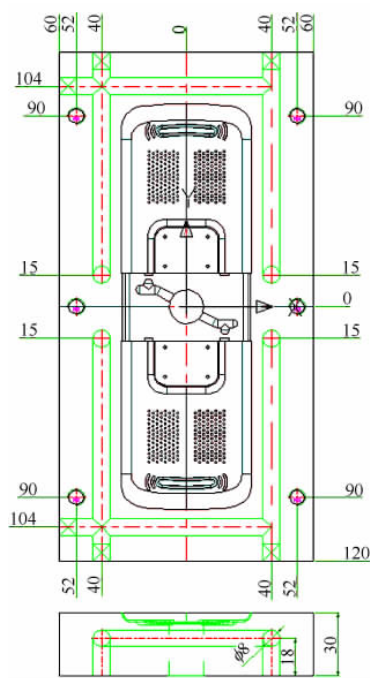


图 6-105 型腔的冷却水道

第 3 步:选择“拉伸”命令→选择“Z-Y”基准面作为草绘平面,绘制图 6-107 所示的草绘图→单击“完成草图”→拉伸距离设置为贯穿斜顶主体,选择“求差”选项→单击“确定”按钮。斜顶挂台如图 6-108 所示。

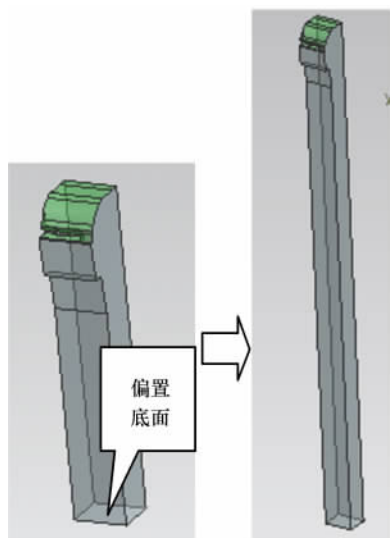


图 6-106 偏置底面

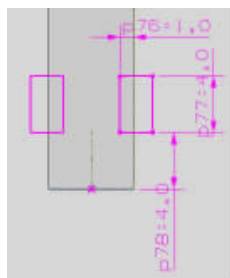


图 6-107 草绘图

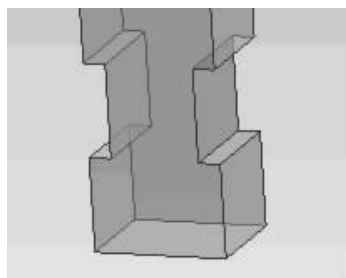


图 6-108 斜顶挂台

第4步:参照以上步骤对其他斜顶进行完善。完善后的斜顶如图 6-109 所示。

注意:在斜顶宽度比较大的情况下通常设计两边挂台。如果斜顶宽度小于或等于 4mm,为了保证斜顶的强度,挂台通常可以只设计一边。

(2) 创建斜顶座

第1步:通过“窗口”菜单返回到“03_stp”部件显示环境。

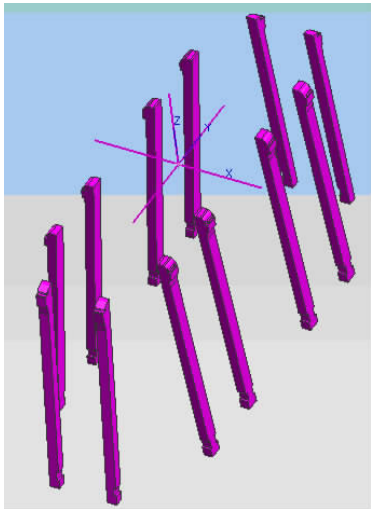


图 6-109 完善后的斜顶

第2步:在装配导航器中新建组件 B-L01-Z,并将它设为工作部件。

第3步:把模架其他部分隐藏,只显示斜顶、顶针底板。

第4步:选择“拉伸”命令→选择顶针底板的上表面作为草绘面,草绘截面如图 6-110 所示→设置拉伸距离为“20”→单击“确定”按钮。拉伸的斜顶座如图 6-111 所示。

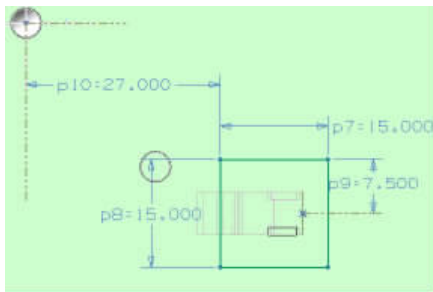


图 6-110 斜顶座截面图

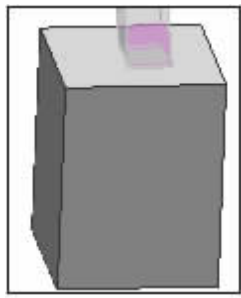



图 6-111 斜顶座

第5步:单击模具工具栏中的  按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择斜顶座作为目标体→选择与其配合的斜顶作为刀具体→单击“确定”按钮。

第6步:选择“拉伸”命令→选择斜顶座在斜顶后退方向上的一个侧面作为草绘平面→绘制图 6-112 所示的草绘图→单击“完成草绘”→设置拉伸距离为“20”,选择“求差”选项→单击“确定”按钮。完成的斜顶避空位如图 6-113 所示。

第7步:参照以上步骤完成同一穴的其他斜顶座的创建(见图 6-114)。

第8步:通过“移动组件”命令把创建好的一穴斜顶座旋转复制到另一穴,从而完成所有斜顶座的创建(见图 6-115)。

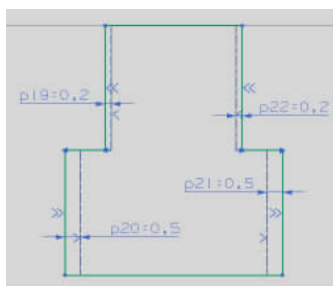


图 6-112 避空位草绘图

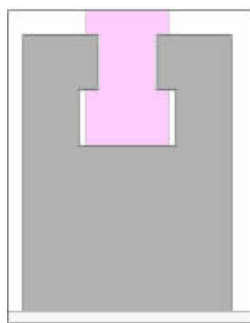


图 6-113 斜顶避空位

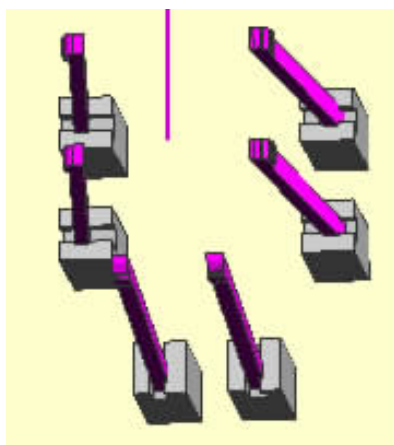


图 6-114 单穴的斜顶座

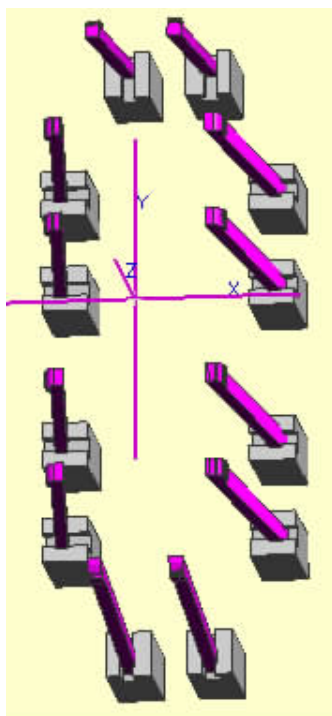



图 6-115 旋转复制另一穴斜顶座

(3) 切减斜顶、斜顶座的避空位

第 1 步:单击模具工具栏中的  按钮→系统弹出“腔体”对话框→选择动模板、型芯、顶针面板作为目标体→选择所有斜顶以及斜顶座作为刀具体→单击“确定”按钮。

第 2 步:把动模板设为显示部件,通过“偏置面”命令把动模板所有斜顶避空位的面偏置 0.1mm。切减斜顶、斜顶座避空位后的各个零件如图 6-116 所示。


16. 调用辅助标准件

(1) 创建型芯、型腔固定螺钉

创建型芯、型腔固定螺钉的具体操作这里不再详述,可以参照模块四的相关内容。

(2) 创建斜顶座固定螺钉

第 1 步:把斜顶座 B-L01-Z 设为显示部件。

第 2 步:单击  标准件 按钮→系统弹出“标准件管理”对话框(见图 6-117)→在“目录”列表

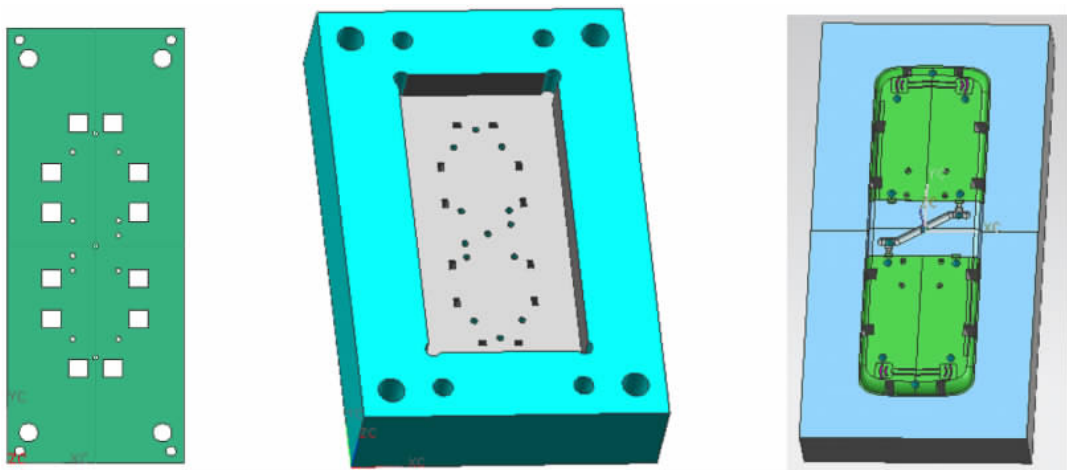


图 6-116 切减斜顶、斜顶座避空位后的各个零件

中选择“DME_MM”选项,在“分类”列表中选择“Screws”选项。

第 3 步:“SIZE”设为“6”,“ORIGIN_TYPE”设为“3”,“LENGTH”设为“20”,其他采用系统默认设置。

第 4 步:单击“应用”按钮→系统弹出“选择一个面”对话框→选择斜顶座的底面作为放置面。

第 5 步:系统自动弹出“点”对话框→输入图 6-118 所示的坐标→单击“确定”按钮。

第 6 步:系统自动弹出“位置”对话框→单击“打断关联性”→单击“确定”按钮。

第 7 步:系统返回到“点”对话框→单击“取消”按钮。

第 8 步:系统自动返回到“标准件管理”对话框→单击“确定”按钮。

第 9 步:参照以上操作完成其余斜顶座固定螺钉的创建,如图 6-119 所示。

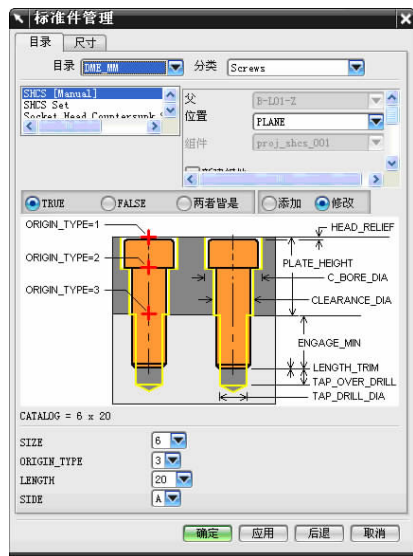


图 6-117 “标准件管理”对话框



图 6-118 “点”对话框

创建固定螺钉的避空位、垃圾钉以及复位弹簧的具体操作参见模块四的相关内容。

小结:完成的整套模具如图 6-120 所示。对于此套模具,重点讲解了滑块结构的创建,以

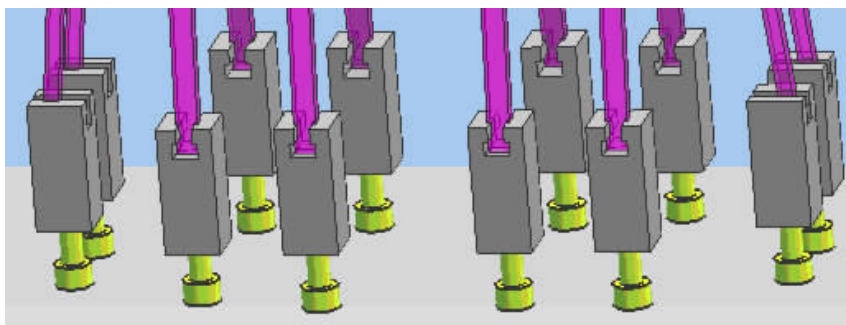


图 6-119 创建的斜顶座固定螺钉

及浇注系统偏置的设计方法。注口衬套距模具中心 20mm,因此定模固定板的 KO 孔必须偏置 20mm,以保持与注口衬套的轴线一致。

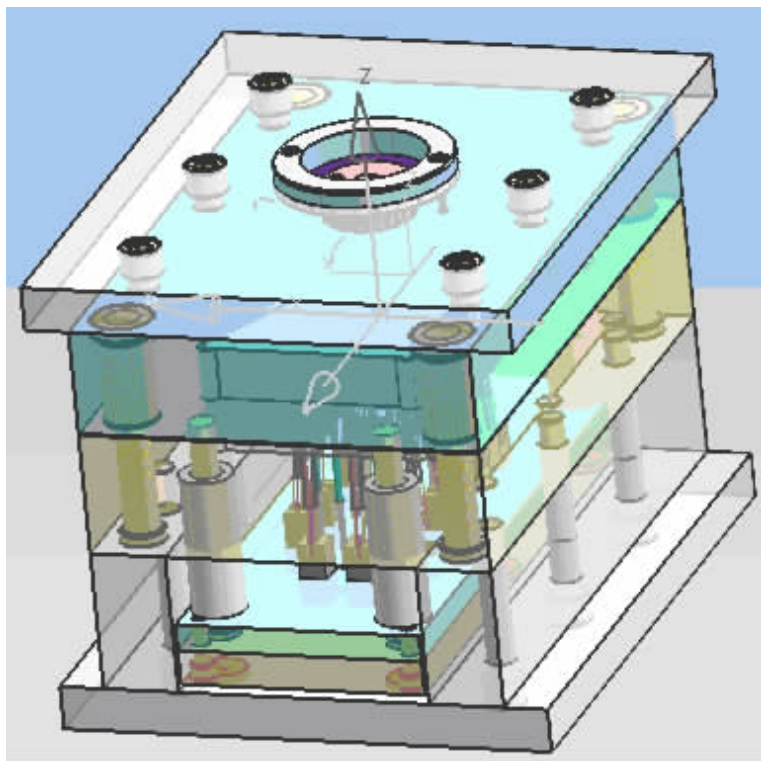


图 6-120 整套模具

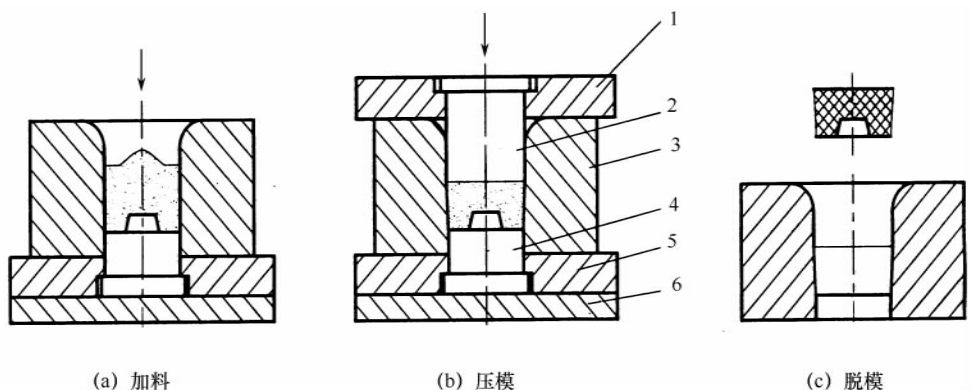
模块七 其他塑料成型工艺及模具

在塑料制品生产工艺中,除注射成型工艺外,还有压缩成型工艺、挤出成型工艺、吹塑成型工艺和吸塑成型工艺等。它们所生产的塑料制品也与我们的生活息息相关。因此,我们有必要了解上述塑料成型工艺及其模具的相关知识。

一、压缩成型工艺及模具

(一) 压缩成型原理

压缩成型也称模压成型、压塑成型,成型原理如图 7-1 所示。将松散塑料原料加入高温的型腔和加料室中[图 7-1(a)],然后以一定的速度将模具闭合,塑料在热和压力的作用下熔融流动,并且很快充满整个型腔[图 7-1(b)],同时固化定型,开启模具取出制品[图 7-1(c)],即得到所需的具有一定形状的塑件。



1—凸模固定板;2—上凸模;3—凹模;4—下凸模;5—下凸模固定板;6—垫板

图 7-1 压缩成型原理

压缩成型主要用来成型热固性塑料,也可用于成型热塑性塑料。压缩热固性塑料时,塑料在型腔中处于高温、高压的作用下,由固态变为黏流态熔体,并在这种状态下充满型腔,同时塑料发生交联反应,逐步固化,最后脱模得到塑件。

压缩热塑性塑料时,塑料同样在型腔中处于高温、高压的作用下,由固态变为黏流态熔体,充满型腔,但热塑性塑料没有交联反应,模具必须冷却才能使塑料熔体转变为固态,最后脱模得到塑件。由于热塑性塑料压缩成型,模具需要交替加热、冷却,因此生产周期长,效率低,同时也降低了模具的使用寿命。因此,对热塑性塑料一般压缩成型只用来成型大平面的塑件、流动性低的塑件或不宜高温注射成型的塑件。

压缩成型的优点:

- ① 压力损失小,适用于成型流动性差的塑料,比较容易成型大型制品。
- ② 和注射成型相比,成型塑件的收缩率小,变形小,各项性能均匀性较好。
- ③ 使用的设备(液压机)及模具结构比较简单,对成型压力要求比较低。
- ④ 成型中无浇注系统废料产生,耗料少。

压缩成型的缺点:

① 塑件常有较厚的溢边,且每模溢边厚度不同,因此塑件高度尺寸的精度较低。

② 厚度相差太大和带有深孔、形状复杂的制品难于成型。

③ 模具内装有细长成型杆或细薄嵌件,成型时容易压弯变形,故这类制品不宜采用压缩成型。

④ 压缩模成型时受到高温高压的联合作用,因此对模具材料性能要求较高。成型零件均要进行热处理。有的压缩模在操作时受到冲击振动较大。压缩模易磨损和变形,使用寿命较短,一般仅为 20 万~30 万次。

⑤ 不宜实现自动化,劳动强度比较大,特别是移动式压缩模。由于模具高温加热,加料常为人工操作,原料粉尘飞扬,劳动条件较差。

⑥ 用压缩成型法成型塑件的周期比注射、压注成型法的周期长,生产效率低。

(二) 压缩成型工艺

1. 成型前的准备工作

热固性塑料比较容易吸湿,储存时易受潮,加之比容较大,一般在成型前都要对塑料进行预热,有些塑料还要进行预压处理。

(1) 预热

预热就是成型前为了去除塑料中的水分和其他挥发物,提高压缩时塑料的温度,在一定的温度下,将塑料加热一定的时间,这个时期塑料的状态与性能不发生任何变化。

预热的作用,一是去除了塑料中的水分和挥发物,使塑料更干净,保证了成型塑件的质量;二是提高了原料的温度,便于缩短压缩成型的周期。

预热的方法有加热板预热、电热烘箱预热、红外线预热、高频电热等。生产中常用的是电热烘箱预热。在烘箱内设有强制空气循环和控制温度的装置,利用电阻丝加热,将烘箱内的温度加热到规定的温度,用风扇进行空气循环,由于塑料的导热性差,预热的塑料要铺开,料层厚度不要超过 2.5cm,并每隔一段时间翻滚一次。

(2) 预压

预压是将松散的粉状、粒状、纤维状塑料用预压模在压机上压成质量一定、形状一致的型坯,型坯的大小以能紧凑地放入模具中预热为宜,多数采用圆片状和长条状。预压后的塑料密实体称为压锭或压片。

预压的作用:

① 加料方便准确。采用计数法加料既迅速又准确,减少了因加料不准确而产生的废品。

② 使模具结构紧凑。成型物料经预压后体积缩小,相应地减小了模具加料腔尺寸,使模具结构紧凑。

③ 缩短了成型周期。成型塑料经预压后坯料中夹带的空气比松散塑料中的大为减少,模具对塑料的传热加快,缩短了预热和固化时间。

④ 便于安放嵌件和压缩精细制品。对于带嵌件的制品,预压成型出与制品相似的锭料,便于压缩成型较大、凹凸不平或带有精细嵌件的塑件。

⑤ 降低了成型压力。由于压缩率越大,压缩成型时所需的成型压力就越大。采取预压之后,一部分压缩率在预压过程中完成,成型压力将降低。

⑥ 避免了加料过程中塑料粉料飞扬,改善了劳动条件。

预压是在专门的压片机(压锭机)上进行的,主要有三种:偏心式压片机,适用于尺寸较大

的预压物,但效率不高;旋转式压片机,适用于尺寸小的预压物,效率高;液压式压片机,适用于较松散的预压物,效率高,紧凑。

预压需要专门的压片机,生产过程复杂,实际生产中一般不进行预压。

2. 压缩成型过程

模压成型的工序有安放嵌件、加料、合模、排气、固化和脱模。

(1) 安放嵌件

嵌件有金属制成的嵌件(如插件、焊片等)和塑料制成的嵌件(如按钮、琴键等)。安放时位置要正确平稳;为保证连接牢靠,埋入塑料的部分要滚花、钻孔或设有凸出的棱角、型槽等;为防止嵌件周围的塑料出现裂纹,加料前对嵌件进行预热。嵌件收缩率要尽量与塑料相近,或采用浸胶布做成垫圈(用预浸纱带或布带缠绕到芯模上)进行增强。

(2) 加料

加料是指在模具加料室内加入已经预热和定量的塑料。加料方法有质量法、容量法和计数法。

质量法是加料时用天平称量塑料质量,该加料法准确,但操作麻烦。

容量法是根据所需要的塑料的体积制作专门的定量容器来加料,此方法操作方便,但准确度不高。

计数法是以个数来加料,只用于加预压锭。

为防止塑件局部产生疏松等缺陷,塑料加入模具加料腔型时,应根据成型时塑料在型腔中的流动和各个部位需要塑料量的大致情况合理堆放塑料,粉料或粒料的堆放要做到中间高四周低,便于气体排放。

(3) 合模

加料完成之后即可合模。合模分两步:在型芯尚未接触塑料之前,要快速移动合模,借以缩短成型周期和避免塑料过早固化;当型芯接触塑料后改为慢速,防止冲击对模具中的嵌件、成型杆或型腔造成破坏,同时慢速也能充分地排除型腔中的气体。模具完全闭合之后即可增大压力对成型物料进行加热加压。合模所需时间从几秒到数十秒不等。

(4) 排气

压缩成型热固性塑料时,为了将成型塑料中的水分、挥发物以及交联反应和体积收缩所产生的气体充分排出模腔外,一般在合模之后会进行短暂卸压,将型芯松动少许时间。排气可以缩短固化时间,有利于提高塑件性能和表现质量。排气的次数和次数根据实际需要而定,通常排气次数为一次或两次,每次时间为几秒到数十秒。

(5) 固化

固化是指热固性塑料在压缩成型温度下保持一段时间,分子间发生交联反应从而硬化定型。固化时间取决于塑料的种类、塑件的厚度、物料形状以及预热和成型温度,一般为30秒至数分钟不等。为了缩短生产周期,有时对于固化速率低的塑料,也可不必将整个固化过程放在模内完成,只要塑件能够完成脱模即可结束模内固化,然后将欠熟的塑件在模外采用后烘的方法继续固化。

(6) 脱模

固化后的塑件从模具上脱出的工序称为脱模,一般脱模是由模具的推出机构将塑件从模内推出。带有嵌件的塑件应先使用专用工具拧脱,再进行脱模。对于大型热固性塑料塑件,为防止脱模后在冷却过程中发生翘曲变形,可在脱模之后把它们放在与塑件结构形状相似的矫正模上加压冷却。

3. 压后处理

(1) 清理模具

正常情况下,塑件脱模后一般不会对在模腔中留下黏渍、塑料飞边等。如果出现这些现象,应使用比模具钢材软的工具(如铜刷)去除残留在模具内的塑料飞边,并用压缩空气吹净模具。

(2) 塑件后处理

塑料压缩成型过程完成之后,通常还需要对塑件进行后处理,后处理能提高塑件的质量。热固性塑料塑件脱模后常在较高的温度下保温一段时间,使塑件固化达到最佳机械性能。后处理方法和注射成型的后处理方法一样,但处理的温度不同,一般处理温度比成型温度高 10~50℃。

(3) 修整塑件

修整包括去除塑件的飞边和浇口。有时为了提高外观质量,还要去除浇口痕迹,对塑件进行抛光。

4. 压缩成型的工艺参数

要生产出高质量塑件,除了有合理的模具结构,还要正确选择工艺参数。压缩成型的工艺参数主要指压缩成型压力、压缩成型温度和压缩成型时间。

(1) 压缩成型压力

压缩成型压力是指压缩塑件时凸模对塑料熔体在分型面单位投影面积上的压力,简称成型压力。其作用是迫使塑料充满型腔和使黏流态塑料在一定压力下固化,防止塑件在冷却时发生变形。压缩成型压力可按下式计算:

$$P=\frac{P_b\pi D^2}{4A} \tag{7-1}$$

式中, P ——成型压力(MPa),一般为 15~30MPa;

P_b ——压力机工作液压缸表上压力(MPa);

D ——压力机主缸活塞直径(m);

A ——塑件与型芯接触部分在分型面上的投影面积(m²)。

影响成型压力的因素很多,塑料的品种、物料的形态、塑件结构、预热情况、成型温度、固化速度以及压缩率等均对成型压力有很大的影响。通常塑料的流动性越低,形状结构越复杂,成型深度越大,成型温度越低,固化速度和压缩率越大,所需成型压力就越大。

成型压力对塑件密度及其性能有很大影响。成型压力大,则塑料流动性增强,提高了塑料充型能力,同时促进交联反应,加快固化速度,塑件密度和力学性能都比较高,但成型消耗能量多,也容易损坏嵌件及降低模具寿命等。成型压力小,则塑件容易产生气孔。

成型压力的大小可通过调节液压机的压力阀来控制,由压力表上读出。常用热固性塑料的压缩成型压力如表 7-1 所示。

表 7-1 常用热固性塑料的压缩成型温度和压缩成型压力

塑料种类	压缩成型温度/℃	压缩成型压力/MPa
酚醛塑料(PF)	146~180	7~42
三聚氰胺甲醛塑料(MF)	140~180	14~56
脲甲醛塑料(UF)	135~155	14~56
聚酯塑料(UP)	85~150	0.35~3.5
邻苯二甲酸二丙烯酯塑料(PDPO)	126~160	3.5~14
环氧树脂塑料(EP)	145~200	0.7~14
有机硅塑料(DSMC)	150~190	7~59

(2) 压缩成型温度

压缩成型温度指压缩成型时所需的模具温度。在压缩成型过程中,塑料会发生交联反应放出热量,使塑料的最高温度比模具温度高,所以成型温度并不等于模具型腔内塑料的温度。

热固性塑料在受到温度作用时,其流动性会发生很大的变化。在温度作用下,塑料从固态转变为液态,温度上升,黏度由大到小,流动性提高,然后热固性塑料交联反应开始发生,随着温度的升高,交联反应速度增大,塑料熔体黏度由减小变为增大,流动性降低,因此其流动性在温度达到某一值时,会有一个最大值。确定模具温度时需要考虑多方面因素,既不能过高,也不能过低。如果模具温度取得过高,将会促使交联反应过早发生且反应速度也同时加快,这样虽有利于缩短制品所需的固化时间,有利于降低成型压力,但温度过高,塑料在模内的充模时间也相应变短,易引起充模不足的现象。另外,过高的模具温度还会导致塑件表面暗淡、无光泽,甚至使制品产生肿胀、变形、开裂等缺陷。模具温度过低,则会出现固化时间长、固化速度慢以及需要较大成型压力等问题。

在一定的范围内提高模具温度对缩短模压周期和提高制品质量都是有好处的。但成型厚大塑件时要降低成型温度,因为塑料导热性较差,提高模具温度,虽然可以提高传热效率,使塑料内部的固化能在较短的时间内完成,但很容易使塑件表面过热,影响塑件外观质量。

调节和控制模温的原则是保证充模固化定型并尽可能缩短模塑周期。常用热固性塑料的压缩成型温度如表 7-1 所示。

(3) 压缩成型时间

压缩成型时间是指模具从闭合到开启的这段时间,也就是塑料从充满型腔到固化成为塑件时在型腔内停留的时间。

压缩成型时间与塑料的种类、塑件的形状、压缩成型工艺(温度、压力)以及操作步骤(是否排气、预热、预压)等有关。成型温度越高,塑料固化速度越快,压缩时间也就越短。成型压力大,压缩时间就短。经过预热、预压的塑料的模压时间比不经过预热、预压的塑料的模压时间要短。

塑件的质量在很大程度上取决于压缩时间。压缩时间过短,塑料固化不完全(欠熟),塑件机械性能差,外观无光泽,脱模后塑件容易发生翘曲变形。压缩时间过长,塑件会过熟,同样会使塑件的力学性能下降,同时降低了生产效率。酚醛塑料的压缩时间为 1~2 分钟,有机硅塑料为 2~7 分钟。表 7-2 列出了酚醛塑料和氨基塑料的压缩成型工艺参数。

表 7-2 酚醛塑料和氨基塑料的压缩成型工艺参数

工 艺 参 数	酚 醛 塑 料			氨 基 塑 料
	一般工业用 ^①	高压绝缘用 ^②	耐高频绝缘用 ^③	
压缩成型温度/℃	150~165	160±10	185±5	140~155
压缩成型压力/MPa	30±5	30±5	>30	30±5
压缩成型时间/(min/mm)	1.2	1.5~2.5	2.5	0.7~1.0

注:①系以苯酚-甲醛线型树脂和粉末为基础的压缩粉。
②系以甲酚-甲醛可溶性树脂的粉末为基础的压缩粉。
③系以苯酚-苯胺-甲醛树脂和无机矿物为基础的压缩粉。

目前,许多压机上都装有时间继电器等来控制压缩时间。模压压力、温度和时间三者并不是独立的,在实际生产中通常凭经验确定三个参数中的一个,再通过试验调整其他两个。若达不到理想的效果,则对已确定的参数重新进行确定。

(三) 压缩成型模具

1. 压缩模具的基本结构

典型的压缩模具结构如图 7-2 所示,它可分为固定于压力机上工作台的上模和下工作台的下模两大部分,两大部分靠导柱导向开合。其工作原理为加料前先将侧型芯复位,加料合模后,热固性塑料在加料腔和型腔中受热受压,成为熔融状态而充满型腔,固化成型后开模。开模时,上工作台上移,上凸模 3 脱离下模一段距离,侧型芯 18 用手工将其抽出,下液压缸工作,推板 15 推动推杆 11 将塑件推出模外。侧型芯复位后加料,接着开始下一个压缩成型循环。一般根据模具中各零件所起的作用,可将压缩模具细分为以下几个基本组成部分。

(1) 型腔

型腔是直接成型制品的部位,加料时与加料腔一同起装料作用。图 7-2 中的模具型腔由上凸模 3、下凸模 8、型芯 7 和凹模 4 组成。

(2) 加料腔

图 7-2 中加料腔指凹模 4 的上半部,图中为凹模断面尺寸扩大的部分,由于塑料与塑件相比具有较大的比容,塑件成型前单靠型腔往往无法容纳全部原料,因此在型腔之上设有一段加料腔。

(3) 导向机构

图 7-2 中导向机构由布置在模具周边的四根导柱 6 和导套 9 组成。导向机构用来保证上、下模合模的对中性。为了保证推出机构上下运动平稳,该模具在下模座板 14 上设有两根推板导柱,在推板上还设有推板导套。

(4) 侧向分型抽芯机构

在成型带有侧向凹凸或侧孔的塑件时,模具必须设有各种侧向分型抽芯机构,塑件方能脱出。图 7-2 中的塑件有一侧孔,在推出之前用手动丝杠抽出侧型芯 18。

(5) 脱模机构

固定式压缩模在模具上必须有脱模机构,图 7-2 中的脱模机构由推板 15、推杆固定板 17、推杆 11 组成。

(6) 加热系统

热固性塑料压塑成型需要在较高的温度下进行,因此模具必须加热。图 7-2 中加热板 5、10 的圆孔中插入电加热棒分别对上凸模、下凸模和凹模加热。在压缩成型热塑性塑料时,在型腔周围开设温度控制通道,在塑化和定型阶段,分别通入蒸汽进行加热或通入冷水进行冷却。

2. 压缩模具类型

压缩模具的分类方法很多,可按分型面特征分类,可按模具在液压机上的固定方式分类,也可按模具加料室的形式进行分类。

1) 按分型面特征分类

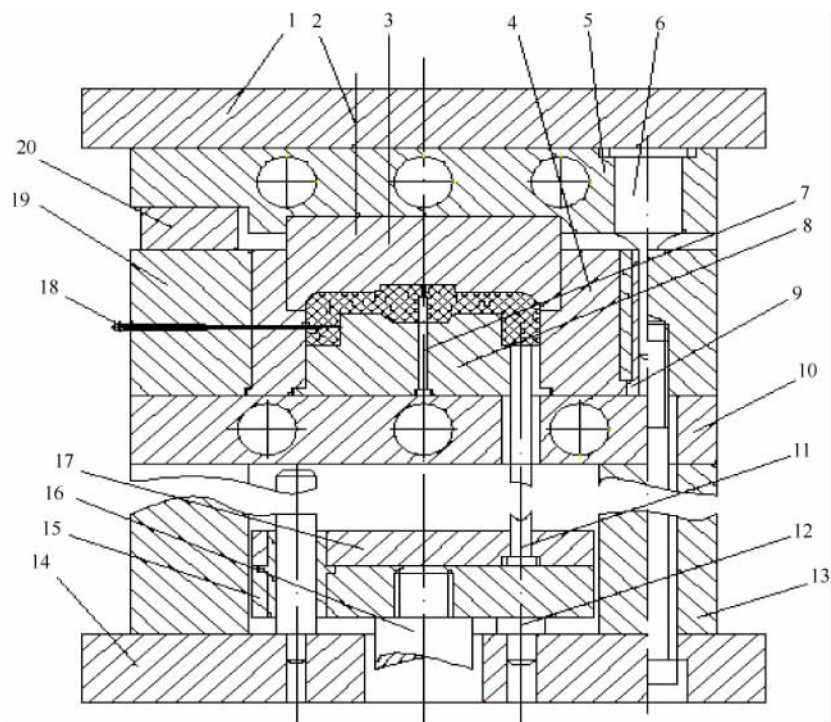
(1) 水平分型面压缩模具

一个水平分型面的溢式压缩模具如图 7-3(a)所示,两个水平分型面的不溢式压缩模具如图 7-3(b)所示。

(2) 垂直分型面压缩模具

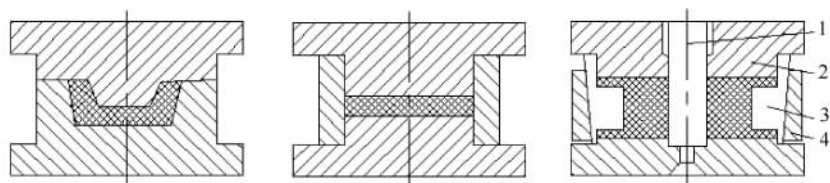
垂直分型面半溢式压缩模具如图 7-3(c)所示。

2) 按模具在液压机上的固定方式分类



1—上模座板;2—螺钉;3—上凸模;4—加料腔(凹模);5、10—加热板;6—导柱;7—型芯;
8—下凸模;9—导套;11—推杆;12—支撑钉;13—垫块;14—下模座板;15—推板;16—拉杆;
17—推杆固定板;18—侧型芯;19—型腔固定板;20—承压板

图 7-2 压缩模具结构



(a) 水平分型面溢式压缩模具 (b) 水平分型面不溢式压缩模具 (c) 垂直分型面半溢式压缩模具

1—型芯; 2—凸模; 3—截锥形凹模(两半); 4—模套

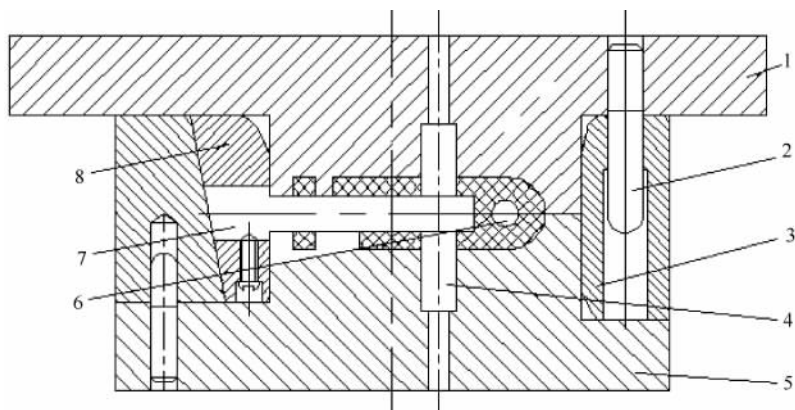
图 7-3 按分型面特征分类

(1) 移动式压缩模具

移动式压缩模具如图 7-4 所示。模具的特点是模具不固定在液压机上,成型后将模具移出液压机,用卸模专用工具(如卸模架)开模,先抽出侧型芯,再取出塑件。在清理加料室后,将模具重新组合好,然后放入液压机内进行下一个循环的压缩成型。其模具结构简单,制造周期短。但因加料、开模、取件等工序均为手工操作,模具易磨损,劳动强度大,模具质量一般不宜超过 20kg。它适合于压缩成型批量不大的中小型塑件,以及形状较复杂、嵌件较多、加料困难及带有螺纹的塑件。

(2) 半固定式压缩模

模具的特点是开合模在机内进行,一般将上模固定在液压机上,下模可沿导轨(下模增设一组导轨,将工作台接长。装料时把下模沿导轨拉出,压缩时推进、定位)移动,用定位块定位。



1—凸模(上模);2—导柱;3—凹模(加料室);4—型芯;5—下凸模;6、7—侧型芯;8—凹模拼块

图 7-4 移动式压缩模具

脱模时,可以在装料位置上用卸模架或其他卸模工具脱出制品。该结构便于安放嵌件和加料,可降低劳动强度。当移动式模具过重或嵌件较多时,为便于操作,可采用此类模具。

(3) 固定式压缩模具

固定式压缩模具如图 7-2 所示。模具的特点是上模连同加热器板固定在普通液压机的动梁上,下模固定在工作台上。脱模时,由液压机的下推杆通过推出机构将制品推出。由于开模、合模、脱模等工序均在液压机内进行,故生产率高,操作简单,劳动强度小,模具寿命长,但结构复杂,成本高,且安放嵌件不方便。此类模具适用于成型批量较大或尺寸较大的塑件。

3) 按模具加料室的形式分类

(1) 溢式压缩模具

溢式压缩模具如图 7-5 所示。这种模具没有单独的加料腔,型腔就是加料腔,型腔的高度 h 约等于塑件的高度。模具工作时,由于凸、凹模之间无配合部分,完全靠导柱定位,故加压后多余的塑料会从分型面溢出成为飞边。环形面是挤压面,其宽度 B 比较小,以减薄塑件的飞边。合模时原料受压缩,合模到终点时挤压面才完全密合。因此,塑件密度往往较低,强度等力学性能不高。如果模具闭合太快,会造成溢料量增加,既浪费原料,又降低制品密度。

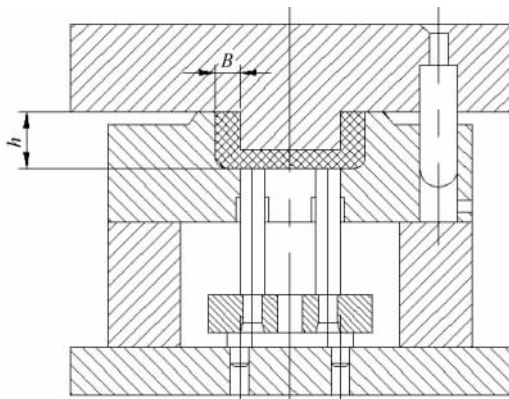


图 7-5 溢式压缩模具

溢式压缩模具结构简单,造价低廉,耐用(凸、凹模间无摩擦);塑件易取出,通常可用压缩空气吹出塑件;对加料量的精度要求不高,加料量一般比塑件质量大 $5\% \sim 9\%$,常用预压型坯

进行压缩成型。这种模具适用于压缩成型厚度不大、尺寸小和形状简单的塑件。

(2) 半溢式压缩模具

半溢式压缩模具如图 7-6 所示。模具在型腔上方设一截面尺寸大于塑件尺寸的加料腔，凸模与加料腔呈间隙配合，加料腔与型腔分界处有一环形挤压面，其宽度约为 4~5mm，凸模下压到挤压面接触为止，在每个循环压制中加料量稍微过量，过剩的原料可通过配合间隙或从凸模上专门开出的溢料槽中排出。溢料速度可通过间隙大小和溢料槽数目进行调节，其塑件的紧密程度比溢式压缩模具好。

半溢式压缩模具操作方便，加料时只要简单地按体积计量，而制品的高度由型腔高度 h 决定，可达到每模基本一致，它主要用于粉状塑料的压缩成型。此外，由于加料腔尺寸比塑件截面大，凸模不沿着模具型腔侧壁摩擦，不划伤型腔侧壁表面，因此塑件推出时不会损伤塑件外表面。用这种模具成型带有小嵌件的塑件比用溢式压缩模具好，因为后者常用预压物压缩成型，容易引起嵌件破碎。

(3) 不溢式压缩模具

不溢式压缩模具如图 7-7 所示。这种模具型腔较深，加料腔为型腔上部截面的延续，无挤压面。凸模与加料腔有较高精度的间隙配合，故塑件径向壁厚尺寸精度较高。理论上液压机所施的压力将全部作用于塑件上，塑件的密度高；塑料的溢出量很少，使塑件在垂直方向上形成很薄的飞边，这些飞边容易被去除。配合高度不宜过大，不配合部分可以将凸模上部截面减小，也可将凹模对应部分尺寸逐渐增大而形成锥面。

不溢式压缩模具由于塑料的溢出量极少，因此加料量直接影响塑件的高度尺寸，每模加料都必须准确称量，所以塑件高度尺寸精度不宜保证，流动性好、容易按体积计量的塑料一般不采用不溢式压缩模具。另外，凸模与加料腔侧壁摩擦，不可避免地会擦伤加料腔侧壁，同时加料腔的尺寸与型腔截面相同，在顶出时带有伤痕的加料腔会损伤塑件外表面。模具必须设置推出装置，否则塑件很难取出。不溢式压缩模具一般不设计成多型腔结构，因为加料不均衡就会造成各型腔压力不等，从而引起一些制件欠压。

不溢式压缩模具的最大特点是塑件承受压力大，故密实性好，强度大，因此适用于成型形状复杂、壁薄和深形塑件，也适于成型流动性特别小、单位比压高、比容大的塑料（如酚醛布基填料的塑料）。

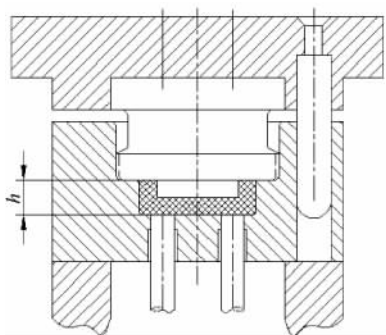


图 7-6 半溢式压缩模具

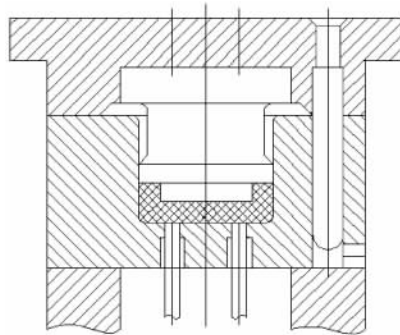


图 7-7 不溢式压缩模具

二、挤出成型工艺及模具

(一) 挤出成型原理

挤出成型又称挤塑、挤压成型。如图 7-8 所示，将粒状或粉状的塑料加入挤出机料筒内加

热熔融,使之呈黏流态,利用挤出机的螺杆旋转(柱塞)加压,迫使塑化好的塑料通过具有一定形状的挤出模具(机头)口模,成为形状与口模相仿的黏流态熔体,经冷却定型,借助牵引装置拉出,使其成为具有一定几何形状和尺寸的塑件,经切割装置切断后,置于卸料槽中。

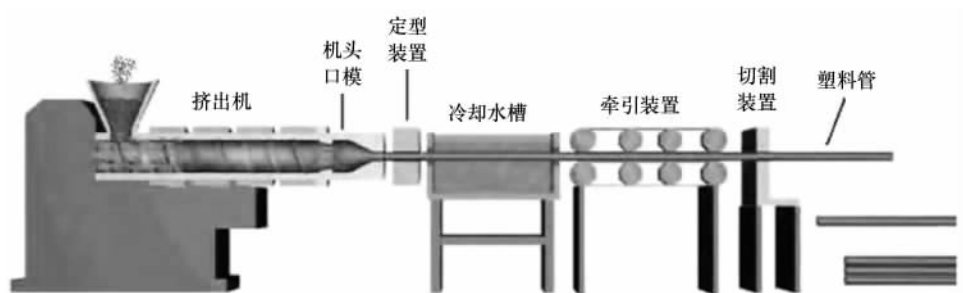


图 7-8 挤出机组的组成

挤出成型是塑料制品加工中最常用的成型方法之一,在塑料成型加工生产中占有很重要的地位。在塑料制品成型加工中,挤出成型塑件的产量居首位。挤出成型主要用于热塑性塑料的成型,也可用于某些热固性塑料。

塑料挤出成型与其他成型方法相比(如注射成型、压缩成型等),具有以下特点:挤出生产过程是连续的,可根据需要生产任意长度的塑料制品;模具结构简单,尺寸稳定;生产效率高,生产量大,成本低,应用范围广,能生产管材、棒材、板材、薄膜、单丝、电线电缆、异形材等。目前,挤出成型已广泛用于日用品、农业、建筑业、石油、化工、机械制造、电子、国防等工业部门。

(二) 挤出成型工艺

1. 挤出成型的工艺过程

挤出成型工艺过程可分为如下三个阶段。

第一阶段是塑化,即在挤出机上进行塑料的加热和混炼,使固态塑料转变为均匀的黏性流体。

第二阶段是成型,即利用挤出机的螺杆旋转(柱塞)加压,使黏流态塑料通过具有一定形状的挤出模具(机头)口模,成为具有一定几何形状和尺寸的塑件。

第三阶段是定型,即通过冷却等方法使熔融塑料已获得的形状固定下来,成为固态塑件。

(1) 准备原料

挤出成型用的大部分是粒状塑料,在成型前要去除塑料中的杂质,降低塑料中的水分,进行干燥处理。其具体方法可参照注射成型和压缩成型的原料准备工作进行。

(2) 挤出成型

将挤出机预热到规定温度后,启动电动机的同时,向料筒中加入塑料。螺杆旋转向前输送物料,料筒中的塑料在外部加热和摩擦剪切热作用下熔融塑化,由于螺杆转动时不断对塑料推挤,迫使塑料经过滤板上的过滤网进入机头,经过机头(口模)后成型为一定形状连续型材。

口模的定型部分决定了塑件的横截面形状,但塑料挤出口模后的尺寸和口模定型部分的尺寸之间存在着误差,主要原因是当塑料离开口模时,由于压力消失,会出现弹性恢复,从而产生膨胀现象;同时由于冷却收缩和牵引力的作用,又使塑件有缩小的趋势。塑料的膨胀与收缩均与塑料品种和挤出温度、压力等工艺条件有关。在实际生产中,对于管材一般把口模的尺寸放大,然后通过调节牵引的速度来控制管径尺寸。

(3) 定型和冷却

热塑性塑件从口模中挤出时,具有相当高的温度,为防止其在自重力的作用下发生变形,出现凹陷或扭曲现象,保证达到要求的尺寸精度和表面粗糙度,必须立即进行定型和冷却,使塑件冷却硬化。定型和冷却在大多数情况下是同时进行的,挤出薄膜、单丝等不需要定型,直接冷却即可;挤出板材和片材,一般要通过一对压辊压平,同时有定型和冷却作用;在挤出各种棒料和管材时,有一个独立的定径过程,管材的定径形式有定径套、定径环和定径板等,也可采用通水冷却的特殊口模定径,其目的都是使管材紧贴定径套冷却定径。

冷却分为急冷和缓冷,一般采用空气冷却或水冷却,冷却速度对塑件质量有很大影响。对硬质塑料,为避免残余应力,保证塑件外观质量,应采用缓冷,如聚苯乙烯、硬聚氯乙烯、低密度聚乙烯等。对软质或结晶型塑料,为防止变形,则要求急冷。

(4) 塑件的牵引、卷取和切割

挤出成型时,由于塑件被连续不断地挤出,自重越来越大,会造成塑件停滞,妨碍塑件的顺利挤出,因此辅机中的牵引装置要提供一定的牵引力和牵引速度,均匀地将塑件引出,同时通过调节牵引速度还可对塑件起到拉伸的作用,提高塑件质量。牵引速度与挤出塑料的速度有一定的比值(即牵引比),其值必须大于或等于 1。不同塑件的牵引速度不同,对膜、单丝一般牵引速度较大,对硬质塑料则不能太大,牵引速度必须能在一定范围内无级平缓地变化,并且要十分均匀。牵引力也必须可调。

通过牵引后的塑件,如棒、管、板、片等,可根据要求在一定长度经切割装置切断,切割装置切断过程中,端面尺寸准确,切口整齐。切割装置有手动切割和自动切割两种。单丝、薄膜、电线电缆、软管等在卷取装置上绕制成卷,并截取一定长度。需要注意的是在牵引速度恒定不变的情况下,要维持卷取张力不变,即保持卷取线速度不变。

2. 挤出成型工艺参数

(1) 温度

塑料加入料斗从粒料(或粉料)到黏流态,再从黏流态成型为塑件经历了一个复杂的温度变化过程。图 7-9 显示了聚乙烯挤出成型时沿料筒方向的温度变化情况,此曲线反映了物料从粒料(或粉料)转变为黏流态的过程。从图 7-9 可以看出,料筒方向各点物料温度、螺杆和料筒温度是不同的。

物料在挤出过程中热量的来源主要有两个,即剪切摩擦热和料筒外部加热器提供的热量。而温度的调节则是由挤出机的加热冷却系统和控制系统进行的。通常,加料段温度不宜升得过高,有时还需要冷却;而在压缩段和均化段,为了促使物料熔融、均化,物料要升到较高的温度。温度高低应根据塑料特性和塑件要求等因素来确定。为便于物料的加入、输送、熔融、均化以及在低温下挤出,从而获得高质量、高产量的塑件,不向物料和不同塑件的挤出过程都应有一条最佳的温度轮廓曲线。

图 7-9 所示的温度曲线只是稳定挤出过程温度的宏观表示。一般情况下,由于测定物料的温度较困难,我们所测得的温度曲线是料筒的,螺杆的温度曲线比料筒的温度曲线低,而比物料温度曲线高。实际上即使是稳定挤出过程,由于加热冷却系统的不稳定、螺杆结构、螺杆转速的变化等原因,其温度相对于时间也是一个变化的值,这种变化有一定的周期性,温度的波动情况反映了沿物料流动方向的温度变化。塑料温度不仅在流动方向上有波动,在垂直于物料流动方向的截面内各点之间也有温差,称为径向温差。这种温度波动,尤其是在机头处或螺杆头部的温度变化会直接影响挤出质量,使塑件产生残余应力、强度不均匀、表面暗淡无光等缺陷,所以应尽

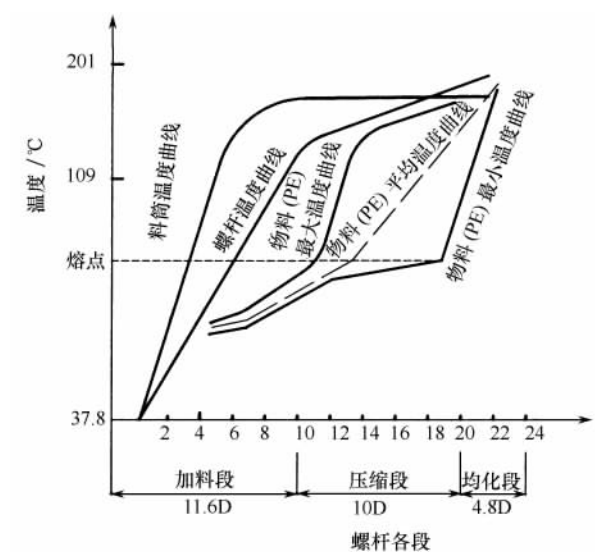


图 7-9 挤出成型温度曲线图

可能减少或消除这种波动。表 7-3 列出了热塑性塑料挤出成型时的温度参数。

表 7-3 热塑性塑料挤出成型时的温度参数

塑料名称	挤出温度/°C				原料中水分控制/%
	加料段	压缩段	均化段	机头及口模段	
丙烯酸类聚合物	室温	100~170	-200	175~210	≤0.025
醋酸纤维素	室温	110~130	-150	175~190	<0.5
聚酰胺(PA)	室温~90	140~180	-270	180~270	<0.3
聚乙烯(PE)	室温	90~140	-180	160~200	<0.3
硬聚氯乙烯	室温~60	120~170	-180	170~190	<0.2
软聚氯乙烯及氯乙烯共聚物	室温	80~120	-140	140~190	<0.2
聚苯乙烯(PS)	室温~100	130~170	-220	180~245	<0.1

(2) 压力

在挤出过程中,由于螺槽深度的改变,分流板、滤网和口模等产生的阻力,沿料筒轴线方向,在塑料内部会建立起一定的压力。这种压力是塑料熔融、均匀密实、挤出成型的重要条件之一。

由于螺杆和料筒的结构的影响,机头(口模)、分流板、滤网的阻力,加热冷却系统的不稳定,螺杆转速的变化等,压力也会随着时间发生周期性波动,它对塑件质量同样有不利影响,所以应尽可能减少这种压力波动。

(3) 挤出速率

挤出速率是指单位时间内由挤出机口模挤出的塑料质量(单位为 kg/h)或长度(单位为 m/min)。其大小表征着挤出机生产率的高低,它是描述挤出过程的一个重要参数。影响挤出速率的因素很多,如机头阻力、螺杆和料筒结构、螺杆转速、加热冷却系统和物料的特性等。挤出速率主要取决于螺杆的转速,直接影响制品的产量和质量。提高螺杆转速可以提高产量,但过高的转速会造成塑化质量不好。

挤出速率在生产过程中也有波动,挤出速率的波动对塑件质量也有显著的不良影响,如造成塑件的几何形状和尺寸误差等。产生波动的原因和螺杆转速的波动、螺杆结构、温控系统的性能、加料情况等有关。

实践表明,温度、压力、挤出速率都存在波动现象,但三者之间并不是孤立的,而是互相制约、互相影响的。为了保证塑件质量,应正确设计螺杆,控制好加热冷却系统和螺杆转速稳定性,以减少参数波动。表 7-4 列出了几种塑料管材的挤出成型工艺参数。

表 7-4 几种塑料管材的挤出成型工艺参数

塑料管材		硬聚氯乙烯 (HPVC)	软聚氯乙烯 (SPVC)	低密度聚乙烯 (LDPE)	ABS	聚酰胺-1010 (PA-1010)	聚碳酸酯 (PC)
工艺参数							
管材外径(mm)		95	31	24	32.5	31.3	32.8
管材内径(mm)		85	25	19	25.5	25	25.5
管材壁厚(mm)		5±1	3	2±1	3±1	—	—
机筒温度(℃)	后段	80~100	90~100	90~100	160~165	250~200	200~240
	中段	140~150	120~130	110~120	170~175	260~270	240~245
	前段	160~170	130~140	120~130	175~180	260~280	230~255
机头温度(℃)		160~170	150~160	130~135	175~180	220~240	200~220
口模温度(℃)		160~180	170~180	130~140	190~195	200~210	200~210
螺杆转速(rpm)		12	20	16	10.5	15	10.5
口模内径(mm)		90.7	32	24.5	33	44.8	33
芯模外径(mm)		79.7	25	19.1	26	38.5	26
稳流定型段长度(mm)		120	60	60	50	45	87
拉伸比		1.04	1.2	1.1	1.02	1.5	0.97
真空定径套内径(mm)		96.5	—	25	33	31.7	33
定径套长度(mm)		300	—	160	250	—	250
定径套与口模间距(mm)		—	—	—	25	20	20

注:稳流定型段由口模和芯模的平直部分构成。

(三) 挤出成型模具

1. 挤出成型模具的组成

挤出成型模具包括两部分:机头和定型模。

(1) 机头的作用

机头是挤出成型塑料制件的主要部件,它使来自挤出机的熔融塑料由螺旋运动变为直线运动,产生必要的成型压力,保证塑件密实,从而获得截面形状一致的连续型材。

(2) 定型模的作用

通常采用冷却、加压或抽真空的方法,将从口模中挤出的塑料的既定形状稳定下来,并对其进行精整,从而得到截面尺寸更为精确、表面更为光亮的塑料制件。

(3) 机头的分类

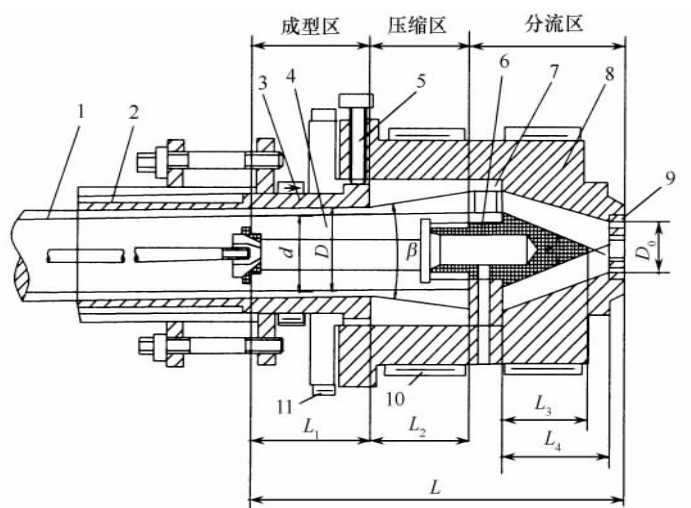
① 按挤出成型的塑料制件分类:通常的挤出成型塑件有管材、棒材、板材、片材、网材、单丝、粒料、异形材、吹塑薄膜、电线电缆等。

② 按制品出口方向分类:可分为直向机头和横向机头。直向机头内料流方向与挤出机螺杆轴向一致,如硬管机头;横向机头内料流方向与挤出机螺杆轴向成某一角度,如电缆机头。

③ 按机头内压力大小分类:可分为低压机头(料流压力小于 4MPa)、中压机头(料流压力为 4~10MPa)和高压机头(料流压力大于 10MPa)。

2. 挤出成型模具的结构

以典型的管材挤出成型机头为例(见图 7-10),挤出成型模具的结构可分为以下几个主要部分。



1—管道；2—定径管；3—口模；4—芯棒；5—调节螺钉；
6—分流器；7—分流器支架；8—机头体；9—过滤板；10、11—电加热圈（加热圈）

图 7-10 管材挤出成型机头

(1) 口模和芯棒

口模 3 是用来成型塑件的外表面的，芯棒 4 是用来成型塑件的内表面的，所以口模和芯棒决定了塑件的截面形状。

(2) 过滤网和过滤板

过滤网的作用是将塑料熔体由螺旋运动转变为直线运动，过滤杂质，并形成一定的压力。过滤板又称多孔板，除过滤外，还起支撑过滤网的作用。

(3) 分流器和分流器支架

分流器 6(又称鱼雷头)使通过它的塑料熔体分流变成薄环状以平稳地进入成型区，同时进一步加热和塑化。分流器支架 7 主要用来支撑分流器及芯棒，同时也能对分流后的塑料熔体加强剪切混合作用，但产生的熔接痕影响塑件强度。小型机头的分流器与其支架可设计成一个整体。

(4) 机头体

机头体 8 相当于模架，用来组装并支撑机头的各零件。机头体应与挤出机筒连接，连接处应密封以防塑料熔体泄漏。

(5) 温度调节系统

为了保证挤出成型质量及塑料熔体在机头中正常流动，机头上一般设有可以加热的温度调节系统，如图 7-10 中的电加热圈 10、11。

(6) 调节螺钉

图 7-10 中的调节螺钉 5 用来调节成型区内口模与芯棒间的环隙及同轴度，以保证挤出塑件壁厚均匀。

(7) 定型模

离开成型区后的塑料熔体虽已具有给定的截面形状，但其温度仍较高，不能抵抗自重变形，为此需要用定径管 2 对其进行冷却定型，使塑件获得良好的表面质量、准确的尺寸和几何形状。

3. 挤出机头设计原则

(1) 内腔呈流线型

为了使塑料熔体能沿着机头中的流道均匀平稳地流动而顺利挤出，机头的内腔应呈光滑

的流线型,表面粗糙度应小于 $3.2\mu\text{m}$ 。

(2) 足够的压缩比

为使制品密实和消除因分流器支架造成的结合缝,根据制品和塑料种类不同,应设计足够的压缩比。

(3) 正确的截面形状和尺寸

由于塑料的物理性能和压力、温度等因素引起的离模膨胀效应,以及由于牵引作用引起的收缩效应,使得机头的成型区截面形状和尺寸并非塑件所要求的截面形状和尺寸,因此设计时,要对口模进行适当的形状和尺寸补偿,合理确定流道尺寸,控制口模成型长度,获得正确的截面形状及尺寸。

(4) 合理选择材料

机头内的流道与流动的塑料熔体相接触,磨损较大。有的塑料在高温成型过程中还会产生化学气体,腐蚀流道。因此,为提高机头的使用寿命,机头材料应选择耐磨、耐腐蚀、硬度高的钢材或合金钢。

(四) 管材挤出机头设计

1. 常用管材挤出机头结构

常用的管材挤出机头结构有直通式、直角式和旁侧式三种形式。

(1) 直通式挤管机头

图 7-11 所示的直通式挤管机头适用于挤出小管,分流器和分流器支架设计成一体,装卸方便。塑料熔体经过分流器支架时,产生几条熔接痕,不易消除。直通式挤管机头适用于挤出成型软硬聚氯乙烯、聚乙烯、尼龙、聚碳酸酯等塑料管材。

(2) 直角式挤管机头

直角式挤管机头如图 7-12 所示。其用于内径定径的场合,冷却水从芯棒 3 中穿过。成型时塑料熔体包围芯棒并产生一条熔接痕。熔体的流动阻力小,成型质量较高。但机头结构复杂,制造困难。

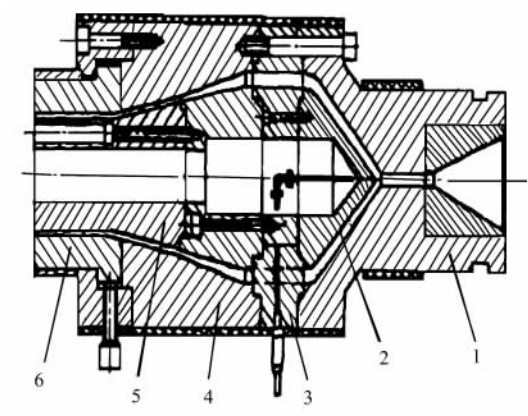


图 7-11 直通式挤管机头

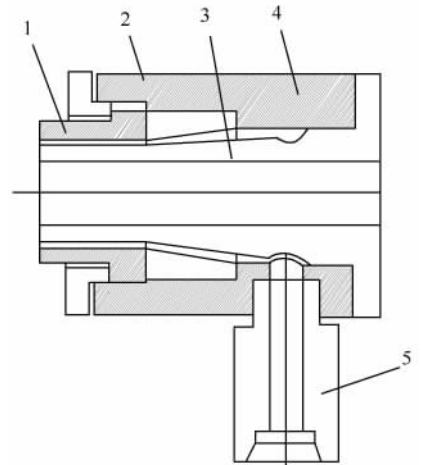
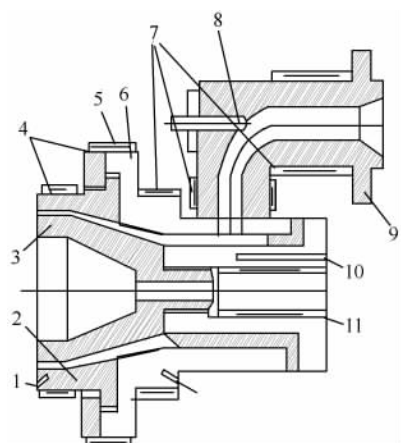


图 7-12 直角式挤管机头

(3) 旁侧式挤管机头

旁侧式挤管机头如图 7-13 所示。其与直角式挤管机头相似,但结构更复杂,制造更困难。



1—计插孔;2—口模;3—芯棒;4、7—电热器;5—调节螺钉;
6—机头体;8、10—熔料测温孔;9—机头;11—芯棒加热器

图 7-13 旁侧式挤管机头

三种机头的特征如表 7-5 所示。

表 7-5 三种机头的特征

项目特征 \ 机头类型	直通式	直角式	旁侧式
挤出口径	适用于小口径管材	大小均可	大小均可
机头结构	简单	复杂	更复杂
挤管方向	与螺杆轴线一致	与螺杆轴线垂直	与螺杆轴线一致
分流器支架	有	无	无
芯棒加热	较困难	容易	容易
定型长度	较长	不宜过长	不宜过长

2. 工艺参数的确定

工艺参数的确定主要是确定口模、芯棒、分流器和分流器支架的形状和尺寸。在设计挤管机头时,需要已知的数据,包括挤出机型号、制品的内径和外径及制品所用的材料等。

1) 口模

口模是用于成型管子外表面的成型零件。在设计管材模时,口模的主要尺寸为口模的内径和定型段的长度,如图 7-10 所示。

(1) 口模的内径

口模内径的尺寸不等于管材外径的尺寸,因为挤出的管材在脱离口模后,由于压力突然降低,体积膨胀,使管径增大,这种现象称为巴鲁斯效应。也可能由于牵引和冷却收缩而使管径缩小。

膨胀或收缩都与塑料的性质、口模的温度、压力以及定径套的结构有关。

$$D=d/k \tag{7-2}$$

式中, D ——口模的内径(mm);

D ——管材的外径(mm);
 K ——补偿系数,如表 7-6 所示。

表 7-6 补偿系数

塑料种类	定径套定管材内径	定径套定管材外径
聚氯乙烯(PVC)	—	0.95~1.05
聚乙烯(PE)	1.05~1.10	—
聚烯烃	1.20~1.30	0.90~1.05

(2) 定型段长度

口模和芯棒的平直部分的长度称为定型段长度,如图 7-10 中 L_1 所示。

① 按管材外径计算。

$$L_1 = (0.5 \sim 3)D \quad (7-3)$$

通常当管子直径较大时定型段长度取小值,因为此时管子的被定型面积较大,阻力较大;反之就取大值。考虑到塑料的性质,一般挤软管取大值,挤硬管取小值。

② 按管材壁厚计算。

$$L_1 = nt \quad (7-4)$$

式中, t ——管材壁厚(mm);

n ——系数,如表 7-7 所示。

表 7-7 口模定型段长度与壁厚关系系数

塑料品种	硬聚氯乙烯 (HPVC)	软聚氯乙烯 (SPVC)	聚酰胺 (PA)	聚乙烯 (PE)	聚丙烯 (PP)
系数 n	18~33	15~25	13~22	14~22	14~22

2) 芯棒

芯棒是用于成型管子内表面的成型零件。一般芯棒与分流器之间用螺纹连接。芯棒的结构应利于物料流动和消除接合线,容易制造。其主要尺寸为芯棒外径、定型段长度、压缩段长度和收缩角。

(1) 芯棒的外径

芯棒的外径由管材的内径决定,但由于与口模结构设计同样的原因,即离模膨胀和冷却收缩效应,芯棒外径的尺寸不等于管材内径的尺寸。根据生产经验,芯棒的外径可按式计算:

$$d = D - 2e \quad (7-5)$$

式中, d ——芯棒的外径(mm);

D ——口模的内径(mm);

e ——口模与芯棒的单边间隙(mm), $e = (0.83 \sim 0.94)t$, t 为材料壁厚(mm)。

(2) 定型段长度、压缩段长度和收缩角

塑料经过分流器支架后,要经过一定的收缩。为使多股料很好地汇合,压缩段与口模口相应的锥面部分构成塑料熔体的压缩区,使进入定型区之前的塑料熔体的分流痕迹被熔合消去。

① 芯棒定型段的长度与 L_1 相等或稍长。

② 芯棒压缩段的长度可按下面的经验公式计算:

$$L_2 = (1.5 \sim 2.5)D_0 \quad (7-6)$$

式中, L_2 ——芯棒压缩段的长度(mm);

D_0 ——过滤板出口处的流道直径(mm)。

③ 收缩角 β 。

对于低黏度塑料, $\beta=45^\circ\sim60^\circ$ 。

对于高黏度塑料, $\beta=30^\circ\sim50^\circ$ 。

3) 分流器和分流器支架

如图 7-14 所示为分流器和分流器支架的结构图。塑料通过分流器, 使料层变薄, 这样便于均匀加热, 以利于塑料进一步塑化, 大型挤出机的分流器中还设有加热装置。

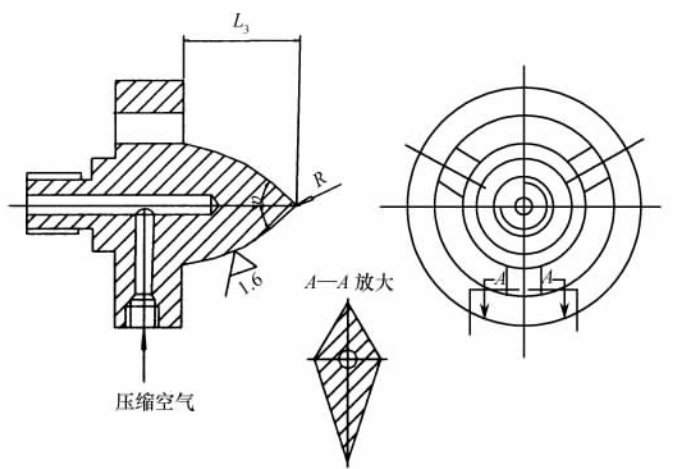


图 7-14 分流器和分流器支架的结构图

(1) 分流锥的角度 α (扩张角)

对于低黏度塑料, $\alpha=30^\circ\sim80^\circ$ 。

对于高黏度塑料, $\alpha=30^\circ\sim60^\circ$ 。

扩张角 α 大于收缩角 β 。 α 过大时, 料流的流动阻力大, 熔体易过热分解; α 过小时, 不利于机头对其内的塑料熔体均匀加热, 机头体积也会增大。

(2) 分流锥长度 L_5

$$L_5 = (1 \sim 1.5) D_0 \quad (7-7)$$

式中, D_0 ——与过滤板相连处的流道直径(mm), 如图 7-15 所示。

(3) 分流锥尖角处圆弧半径 R

$$R = (0.5 \sim 2) \text{mm}$$

R 不易过大, 否则熔体容易在此处发生滞留。

(4) 分流器表面粗糙度 R_a

$$R_a < 0.4 \mu\text{m}$$

(5) 栅板与分流锥顶间隔 L_6

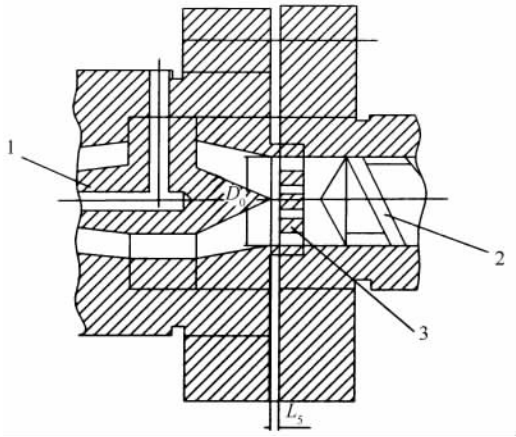
$$L_6 = (10 \sim 20) \text{mm} \text{ 或 } L_6 < 0.1 D_1$$

式中, D_1 ——杆直径。

L_6 过小, 料流不均; 过大, 则停料时间长。

分流器支架主要用于支撑分流器及芯棒。支架上的分流肋应做成流线型, 在满足强度要求的条件下, 其宽度和长度应尽可能小些, 以减小阻力。出料端角度应小于进料端角度, 以免

产生过多的熔接痕。一般小型机头采用 3 根分流器支架,中型的 4 根,大型的采用 6~8 根。



1—分流器;2—螺杆;3—过滤板

图 7-15 分流器和过滤板的相对位置

4) 拉伸比和压缩比

拉伸比和压缩比是与口模和芯棒尺寸相关的工艺参数。

(1) 拉伸比 I

管材的拉伸比是指口模和芯棒的环隙截面积与管材成型后的截面积之比,其计算公式如下:

$$I = \frac{D_1^2 + D_2^2}{d_1^2 - d_2^2} \tag{7-8}$$

式中, I ——拉伸比;

D_1 ——口模内径(mm);

D_2 ——芯棒外径(mm);

d_1 ——塑料管材的外径(mm);

d_2 ——塑料管材的内径(mm)。

常用塑料的挤管拉伸比如表 7-8 所示。

表 7-8 常用塑料的挤管拉伸比

塑料品种	硬聚氯乙烯 (HPVC)	软聚氯乙烯 (SPVC)	ABS	高压聚乙烯 (PE)	低压聚乙烯 (PE)	聚酰胺 (PA)	聚碳酸酯 (PC)
拉伸比	1.00~1.08	1.10~1.35	1.00~1.10	1.20~1.50	1.10~1.20	1.40~3.00	0.90~1.05

挤出时拉伸比较大如下优点:经过牵引的管材,可明显提高力学性能;在生产过程中变更管材规格时,一般不需要拆装芯棒、口模;在加工某些容易产生熔体破裂现象的塑料时,用较大的芯棒、口模可以生产小规格的管材,既不产生熔体破裂,又提高了产量。

(2) 压缩比 ϵ

管材的压缩比是指机头和多孔板相接处最大进料截面积与口模和芯棒的环隙截面积之比,它反映出塑料熔体的压实程度。

对于低黏度塑料, $\epsilon=4\sim10$ 。

对于高黏度塑料, $\epsilon=2.5\sim6.0$ 。

3. 管材的定径和冷却

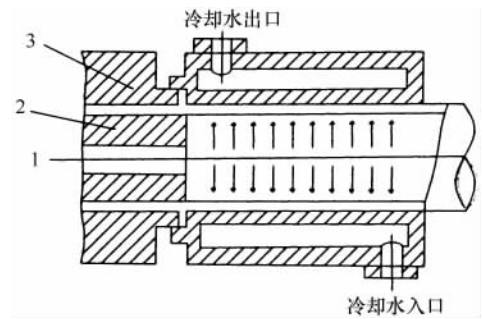
管材被挤出口模时,还具有相当高的温度,没有足够的强度和刚度来承受自重和变形。为了使管子获得较低的表面粗糙度、准确的尺寸和几何形状,管子离开口模时,必须立即定径和冷却,这由定径套来完成。经过定径套定径和初步冷却后的管子进入水槽继续冷却,管子离开水槽时已经完全定型。定径有外径定径和内径定径两种方法。

1) 外径定径

管材外径尺寸精度要求高时,使用外径定径。外径定径是使管子和定径套内壁相接触,常用内部加压或在管子外壁抽真空的方法来实现,因而外径定径又分为内压法和真空法。

(1) 内压法外定径

如图 7-16 所示,在管子内部通入压缩空气预热,保持压力为 0.02~0.1MPa,可用浮塞堵住以防漏气,浮塞用绳索系于芯棒上。定径套的内径和长度一般根据经验和管材直径来确定,如表 7-9 所示。



1—芯棒;2—口模;3—定径管

图 7-16 内压法外定径

表 7-9 内压法定径套尺寸

材 料	定径套的内径/mm	定径套的长度/mm
PE、PP	$(1.02\sim1.04)D_s$	$10D_s$
PVC	$(1.00\sim1.02)D_s$	$10D_s$

注: D_s 为管材的公称直径。

当管材直径 $D_s=40\text{mm}$ 时,定径套的长度 $L<10D_s$,定径套的内径 $d=(0.8\sim1.2)D_s$ 。

当管材直径 $D_s>100\text{mm}$ 时,定径套的长度 $L=(3\sim5)D_s$;设计定径套的内径时,其尺寸不得小于口模内径。

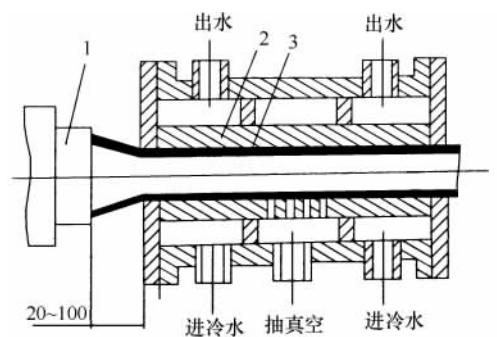
(2) 真空法外定径

真空法外定径如图 7-17 所示。在离开挤出机头与口模的软性管材外壁和定径套内壁之间抽取真空,以此产生很大的真空吸附力,使管材外壁紧贴于定径套内壁冷却定型。这种方法也称为真空吸附定型法。真空法的定径装置比较简单,管口不必堵塞,但需要一套抽真空设备,常用于生产小管。

生产时真空定径套与机头口模应有 20~100mm 的距离,使口模中流出的管材先行离模膨胀和发生一定程度的空冷收缩,再进入定径套中冷却定型。

定径套内的真空度一般要求为 53~66kPa。真空孔径在 0.6~1.2mm 范围内选取,与塑料黏度和管壁厚度有关,如塑料黏度大或管壁厚度大,则孔径取大值,反之取小值。

真空定径套的内径如表 7-10 所示。



1—机头；2—定径管；3—管材

图 7-17 真空法外定径

真空定径套的长度一般应大于其他类型定径套的长度。例如,对于直径大于 100mm 的管材,真空定径套的长度可取 4~6 倍的管材外径。这样可以更好地改善或控制离模膨胀(巴鲁斯效应)和冷却收缩对管材尺寸的影响。

表 7-10 真空定径套的内径

材 料	定径套内径/mm
HPVC	$(0.993 \sim 1.99)D_z$
PE	$(0.98 \sim 1.96)D_z$

注: D_z 为管材的公称直径。

2) 内径定径

内径定径是固定管材内径尺寸的一种定径方法。此种方法适用于侧向供料或直角挤管机头。内径定径装置如图 7-18 所示,定径芯模与挤管芯模相连,在定径芯模内通入冷却水。当管坯通过定径芯模后,便获得内径尺寸准确、圆柱度较好的塑料管材。这种方法使用较少,因为管材的标准化系列多以外径为准。但内径公差要求严格,用于压力输送的管道是这种定径方法的唯一应用,同时内径定径管壁的内应力分布较合理。

① 定径套应沿其长度方向带有一定的锥度,在 $0.6 : 100 \sim 1.0 : 100$ 之间选取。

② 定径套外径一般取 $(1.02 \sim 1.04)d_s$, d_s 为管材内径。定径套外径稍大于管材内径,使管材内壁紧贴在定径套上,则管壁可获得较低的表面粗糙度。另外,经过一段时间的磨损也能保证管材内径 d_s 的尺寸公差,提高定径套的寿命。

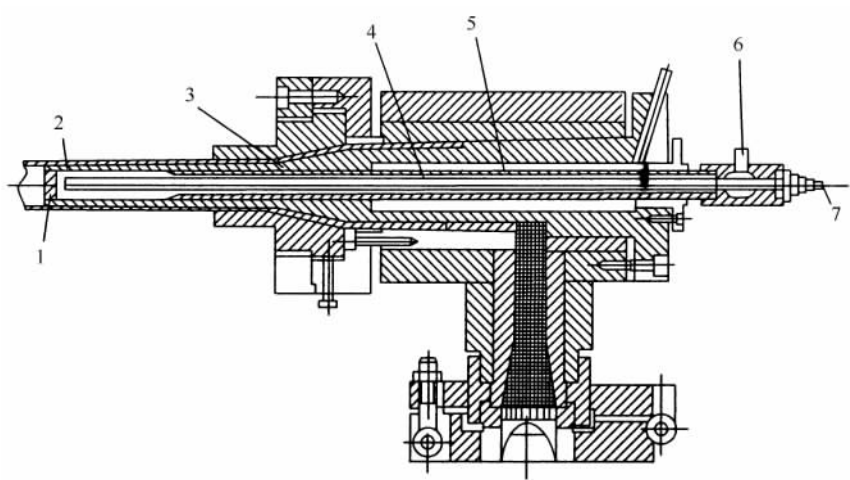
③ 定径套的长度一般取 $80 \sim 300\text{mm}$ 。牵引速度较大或管材壁厚较大时,取大值;反之,取小值。

(五) 吹塑薄膜挤出机头设计

吹塑薄膜挤出机头简称吹膜机头,其工作方法是挤出壁薄的大直径管坯,然后用压缩空气吹胀。吹塑成型可以生产聚氯乙烯、聚乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺等各种塑料薄膜,应用广泛。根据成型过程中管坯的挤出方向及泡管的牵引方向不同,吹塑薄膜成型可分为平挤上吹、平挤下吹及平挤平吹三种方法。其中前两种使用直角式机头,后一种使用水平机头。

1. 机头结构类型和结构参数

常用的薄膜机头大致可分为芯棒式机头、十字形机头、螺旋式机头、多层薄膜吹塑机头和旋转机头。

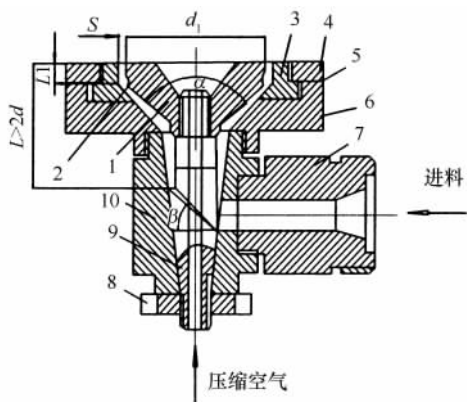


1—管材;2—定径芯模;3—芯棒;4—回水流道 5—进水管;6—排水嘴;7—进水管嘴

图 7-18 内径定径装置

(1) 芯棒式机头

芯棒式机头如图 7-19 所示。来自挤出机的塑料熔体,通过机颈 7 到达芯棒轴 9 转向 90° , 并分成两股沿芯棒轴分流线流动,在其末端尖处汇合后,沿机头流道芯棒轴 9 和口模 3 的环隙挤成管坯,由芯棒轴 9 中通入压缩空气,将管坯吹胀成膜,调节螺钉 5 可调节管坯厚薄的均匀性。



1—芯棒;2—缓冲槽;3—口模;4—压环;5—调节螺钉;6—上机头体;7—机颈;

8—紧固螺母;9—芯棒轴;10—下机头体

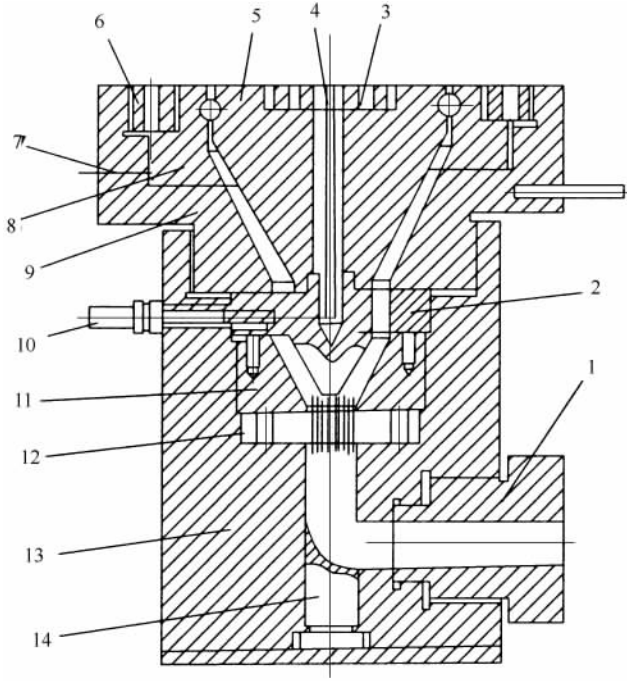
图 7-19 芯棒式机头

芯棒扩张角 α 不可取得过大,否则会对机头操作工艺控制、膜厚均匀度和机头强度设计等方面产生不良影响。通常取 $\alpha=80^\circ\sim 90^\circ$,必要时可取 $\alpha=100^\circ\sim 120^\circ$ 。芯棒轴分流线斜角 β 的取值与塑料的流动性有关,不可取得太小,否则会使芯棒尖处出料慢,形成过热滞料分解,一般 $\beta=40^\circ\sim 60^\circ$ 。

芯棒式机头结构简单,机头内部通道空隙小,存料少,熔体不易过热分解,适用于加工聚氯乙烯等热敏性塑料,仅有一条薄膜熔合线。但芯棒轴受侧向压力,会产生偏中现象,造成口模间隙偏移,出料不均,所以薄膜厚度不易控制均匀。

(2) 十字形机头

十字形机头如图 7-20 所示,其结构类似于挤管机头。在设计这种中心进料式机头时,要注意分流器支架上的支撑肋在不变形的前提下,数量应尽可能少一些,宽度和长度也应小一些,以减少接合线。为了消除接合线,可在支架上方开一道环形缓冲槽,并适当加长支撑肋到出口的距离。



1—机颈;2—十字形分流支架;3—锁压盖;4—连杆;5—芯模;6—锁母;7—调节螺钉;
8—口模;9—机头座;10—气嘴;11—套;12—过滤板;13—机头体;14—堵头

图 7-20 十字形机头

十字形机头的优点是出料均匀,薄膜厚度易于控制。由于中心进料,芯模不受侧向力,因而没有偏中现象。其缺点有:因为有几条支撑肋,所以增加了薄膜的接合线;机头内部空腔大,存料多,不适用于容易分解的物料。

(3) 螺旋式机头

螺旋式机头如图 7-21 所示。熔融树脂从机头底部的树脂流入口 10 进入模体,通过一个由若干个径向分布孔所组成的星形分配器,自螺旋分歧点 9 分成 2~8 股料流,分别沿着各自的螺槽旋转上升,并从切向流动逐渐过渡为轴向流动。熔料至成型前的合流部分 5 处汇合,然后经缓冲槽 4 均匀地从定型段挤出。这种机头适合于加工流动性好而不易分解的树脂。

螺旋槽数目主要取决于挤出量和螺旋芯棒的直径,如表 7-11 所示。

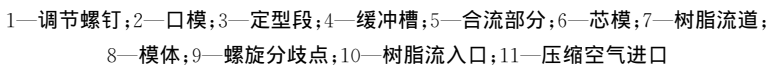
表 7-11 螺旋槽数目与芯棒直径的关系

芯棒直径(mm)	50	100	200	300
螺旋槽数目	2	2~4	3~4	4~6

星形分配器各径向孔的直径取决于树脂类型、熔体指数、加工温度,通常为 8~16mm。

螺槽开始点的深度为 16~20mm。

螺距为 16~22mm。



中心进料孔直径可根据螺杆直径和口模直径按表 7-12 选取。

表 7-12 中心进料孔直径与螺杆直径、口模直径的关系

螺杆直径(mm)	45	65	90	150
口模直径(mm)	50~200	150~400	250~800	500~1200
中心进料孔直径(mm)	25	25~32	25~32	32~38

(4) 多层薄膜吹塑机头

多层薄膜吹塑机头也称复合吹塑机头,是将同种(异色)或异种树脂分别加入两台以上的挤出机,经过同一个模具同时挤出,一次制成多色或多层薄膜。

① 模内复合:挤出的各熔融树脂分别导入模内各自的流路,这些层流于模口定型区进行汇合,如图 7-22(a)所示。

② 模外复合:在树脂刚刚离开口模时就进行复合的一种工艺,如图 7-22(b)所示。

在设计多层薄膜吹塑机头时,一般要求机头内的料流达到相等的线速度。对模内复合机头应注意接合部件形状,使之容易加工制造。另外,模外复合机头往往带有引入氧化性气体通道,使两层薄膜之间进行物理和化学的接合。

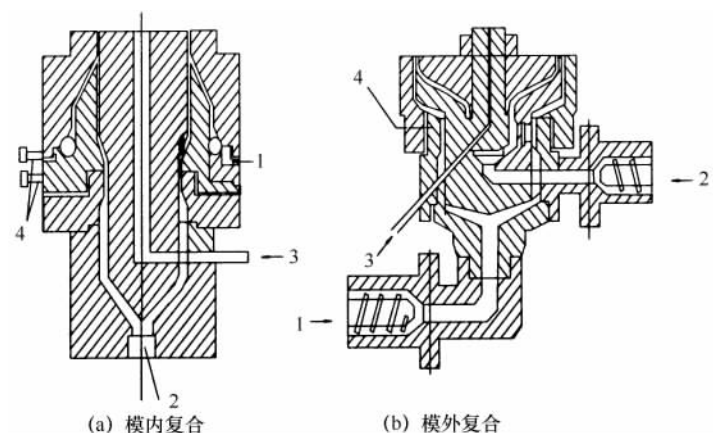
(5) 旋转机头

旋转机头的机理是通过外套或芯棒的转动,对流道中压力和流速不均衡的料层产生一个“抹平”的机械作用,使薄膜超差点均匀地分布到整个圆周上,从而大大改善薄膜的收卷质量。用旋转机头生产的聚丙烯膜,其厚度公差可达 0.0001mm 。

如图 7-23 所示,芯模 1 和口模 2 既可单独旋转,又能以同速、异速同向或异向旋转。由一台直流电动机经减速系统将运动传给齿轮,带动空心轴 4 和芯模 1 旋转。由另一台直流电动机经减速系统将运动传给外模支撑体 5 和机头螺旋体 6,从而带动口模 2 旋转。芯模 1 的最高速度为 2.5r/min ,口模 2 的最高速度为 2r/min 。

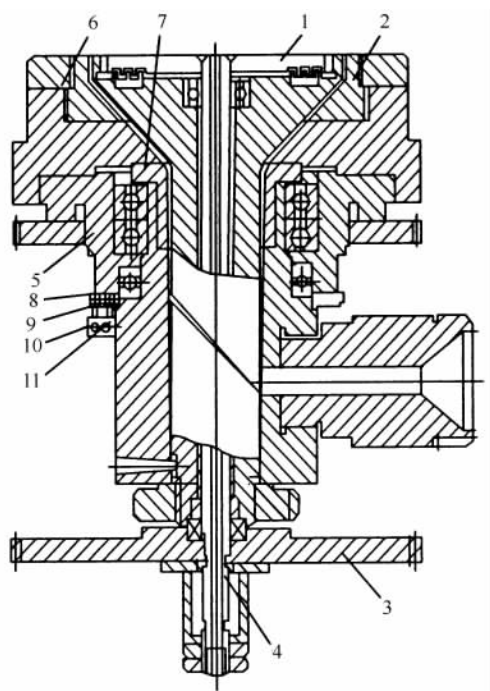
旋转机头参数的设定如下。

① 设置调节环和调节螺钉,保证机头出料口环形缝隙宽度均匀一致,调节螺钉应多于



1—外层树脂入口;2—内层树脂入口;3—压缩空气入口;4—调节螺钉

图 7-22 多层薄模吹塑机头



1—芯模;2—口模;3—齿轮;4—空心轴;5—外模支撑体;

6—机头螺旋体;7—螺旋套;8—绝缘环;9—铜环;

10—碳刷;11—铜环的输电结构

图 7-23 旋转机头

6 个。

② 环形缝隙尺寸为 $0.4 \sim 1.2\text{mm}$ 或按 $18 \sim 30$ 倍的薄膜厚度选取,太小时机头内反压力大,太大时又影响薄膜厚度的均匀性。一般薄膜厚度为 $0.01 \sim 0.3\text{mm}$,应附和吹胀比、牵引比和压缩比。

③ 吹胀比是指吹胀后的泡管膜直径与未吹胀的管坯直径(也称机头口模直径)的比值,一般取 $1.5 \sim 4.0$,工程上常用 $2 \sim 3$ 。增大吹胀比,薄膜的横向强度随之增大,但不能太大,以防

吹破。其计算公式如下

$$a=\frac{2W}{\pi d} \tag{7-9}$$

式中, a ——吹胀比;

W ——膜管压平后的双层宽度(mm);

d ——口模直径(mm)。

④ 牵引比指薄膜牵引速度与管坯挤出速度的比值,一般为 4~6。增大牵引比,薄膜的纵向强度随之提高,但不能太大,否则难以控制厚薄均匀,甚至将薄膜拉断。牵引速度即薄膜牵引辊的圆周速度。

管坯挤出速度可用单位时间挤出的树脂体积除以口模间隙的截面积求得。其计算公式如下:

$$V=Q/\pi d\delta\gamma \tag{7-10}$$

式中, V ——管坯挤出速度(cm/min);

Q ——膜产率(g/min);

d ——口模直径(cm);

δ ——口模间隙(cm);

γ ——熔融树脂密度(g/cm³)。

⑤ 压缩比指机颈内流道截面积与口模定型区环形流道截面积的比值,一般应大于 2。

⑥ 定型区长度 L_1 一般按经验公式 $L_1=ct$ 确定, t 为管材的壁厚, c 可参考表 7-13。

表 7-13 定型区长度 L_1 的计算系数

塑料品种	硬聚氯乙烯 (HPVC)	软聚氯乙烯 (SPVC)	聚乙烯 (PE)	聚酰胺 (PA)	聚丙烯 (PP)
系数 c	18~33	15~25	13~23	14~22	14~22

⑦ 通常在芯棒的定型区开设 1 个或 2 个缓冲槽,其深度取(3.5~8) δ ,宽度取(15~30) δ 。它的作用是消除管坯上的分流痕迹。

⑧ 为避免产生接合缝,芯棒尖到模口处的距离应不小于芯棒轴直径的两倍。

2. 冷却装置

为了使接近流动态的膜管固化定型,在牵引辊的压力作用下不相互黏结,并尽可能缩短机头与牵引辊之间的距离,必须对刚刚吹胀的膜管进行强制冷却,冷却介质为空气或水。

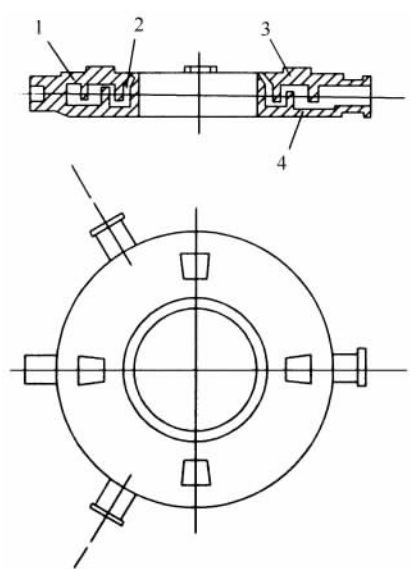
(1) 冷却风环

图 7-24 所示的冷却风环为空气外冷式。它是低速生产时广泛使用的一种冷却装置。它由上下两部分组成,用螺纹连接,旋转上部分可改变出风口间隙,使出风量得到调节。

一般风环的进风口至少有 3 个,由鼓风机送来的空气沿风环切线方向同时进入。风环上下各设一层挡板,对进入的空气起缓冲和稳压作用,以保证风环口的出风量均匀。风从风环吹出的倾角取 40°~50°,一般风环内径为机头直径的 1.5~2.5 倍。

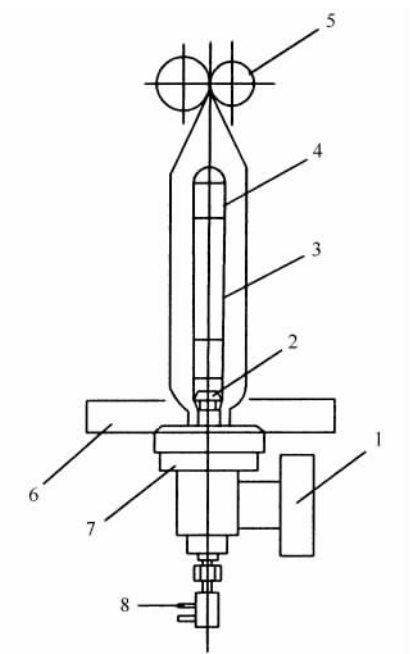
(2) 泡内热交换器式空冷装置

图 7-25 所示的泡内热交换器式空冷装置为空气内冷式。在膜管内装一个圆筒状热交换器,冷却空气从机头芯棒内通入,并强制其循环,以提高冷却效率。这种冷却系统称为闭式内冷系统。



1—调节风量用螺纹;2—出风间隙;3—盖;4—风环体

图 7-24 冷却风环



1—挤出机;2—进气口;3—热交换器;4—排气口;5—夹辊;6—外风环;7—机头;8—空气进口及出口

图 7-25 泡内热交换器式空冷装置

这种空冷装置的不足之处是,膜内有大型冷却构件,开车时围绕此构件拉起熔体引膜稍微困难,所以要求较高的操作技术水平。

3. 成型条件的选择

吹塑薄膜的成型条件主要指生产设备、模具和加工温度等。塑料薄膜的品种、规格不同,其成型条件必然有所区别。

(1) 挤出机规格和螺杆形式

首先根据膜管折径选择适当的挤出机。挤出机规格与膜管折径的关系如表 7-14 所示。

表 7-14 挤出机规格与膜管折径的关系

挤出机规格(mm)	膜管折径(mm)
30	<300
45	150~550
65	250~1000
90	350~2000
120~150	>500

在工厂中,有时直接按薄膜用途选择生产设备。

- ① 小包装薄膜,选择直径小于 45mm 的挤出机。
- ② 工业包装薄膜,选择直径为 45~65mm 的挤出机。
- ③ 重包装薄膜和宽幅农膜,选择直径大于 90mm 的挤出机。

树脂特性和外形尺寸不同,所需螺杆的压缩比也不一样。成型各种塑料薄膜时螺杆的压缩比如表 7-15 所示。

表 7-15 成型各种塑料薄膜时螺杆的压缩比

薄膜品种	螺杆压缩比
聚苯乙烯	2~4
尼龙	2~4
聚碳酸酯	2.5~3
聚氯乙烯(粒料)	3~4
聚氯乙烯(粉料)	3~5
聚乙烯	3~4
聚丙烯	3~5

应根据实际情况进行选择,不能用一根螺杆加工各种塑料薄膜,也不能要求每个薄膜品种都配备一根专用螺杆。

(2) 机头类型及口模尺寸

吹塑机头的结构形式很多,对各种塑料薄膜,除芯棒式机头以外并非都能适用。各种机头的使用范围如表 7-16 所示。

表 7-16 各种机头的使用范围

机头类型 薄膜品种	芯棒式机头	十字形机头	螺旋式机头
聚氯乙烯薄膜	○	△(平吹)	×
聚乙烯薄膜	○	○	○
聚丙烯薄膜	○	○	○
聚苯乙烯薄膜	○	△	△
尼龙薄膜	○	△	△
聚碳酸酯薄膜	○	△	△

注:○表示适用,△表示可用,×表示不可用。

通常,薄膜的最终折径 W 由用户提出,因此机头的选择就决定了吹胀比 a 。由机头的尺寸选择挤出机,表 7-17 列出了口模尺寸与挤出机的配套范围。

表 7-17 口模尺寸与挤出机的配套范围

挤出机规格(mm)	口模直径(mm)
30	<75
45	65~120
65	100~200
90	150~400
120~150	>220

为了制取纵横两向强度均衡的薄膜,横向吹胀比与纵向牵引比最好相等。但在实际生产中,常用同一口模通过改变牵引速度来获得不同厚度的薄膜,以便充分利用模具。虽然如此,因为牵引比 b 是有一定限度的,而吹胀比 a 也不能超出某个范围,所以根据薄膜厚度 t 与口模间隙 δ 之间的特定关系,就可求出不同厚度薄膜所需的口模间隙。

$$t = \frac{\delta}{ab} \quad (7-11)$$

$$\delta = abt \quad (7-12)$$

式中, t ——膜厚度(mm);

δ ——口模间隙(mm);

a ——吹胀比(mm);

b ——牵引比(mm)。

如吹胀比 a 取 1.5~3,牵引比 b 取 4~6,则口模间隙 δ 为:

$$\delta = (1.5 \times 4)t \sim (3 \times 6)t = (6 \sim 18)t$$

即口模间隙一般为薄膜厚度的 6~18 倍,对厚膜所需的口模间隙取下限值;反之,取上限值。

(六) 电线电缆挤出机头设计

电线和电缆是在金属芯线上包覆一层塑料层作为绝缘层,一般在挤出机上用转角式机头挤出成型。根据被包覆对象及要求的不同,机头通常有两种结构形式。

1. 挤压式包覆机头

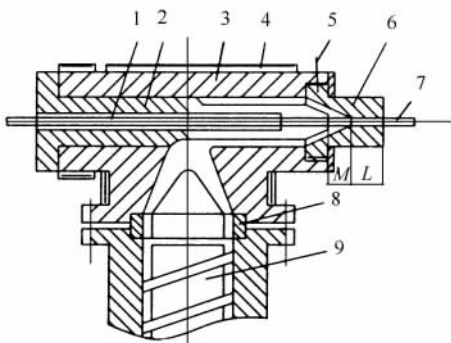
当金属芯线是单丝或多股金属线时,挤出产品即为电线。用于电线包覆成型的工艺装备,称为挤压式包覆机头,如图 7-26 所示。该机头为转角式机头,具有一定压力的熔料进入机头体 3 中,绕过芯棒(导向棒)2,汇合成一个封闭的熔料环后,经口模 6 成型,最终包覆在芯线上,芯线同时连续地通过芯线导向棒,因此包覆挤出生产能连续进行。

这种机头结构简单,调整方便,被广泛用于电线的挤出生产。它的主要缺点是芯线与包覆层同心度不好。

参数的确定:定型段长度为口模出口处直径 D 的 1.0~1.5 倍,导向棒前端到口模定型段的距离 M 也可取口模出口处直径 D 的 1.0~1.5 倍,包覆层厚度取 1.25~1.60mm。

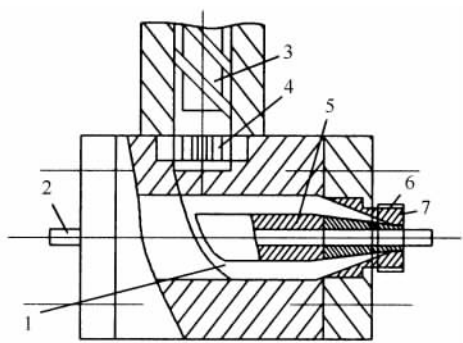
2. 套管式包覆机头

当金属芯线是一束互相绝缘的导线或不规则的芯线时,挤出产品即为电缆。用于电缆包覆成型的工艺装备,称为套管式包覆机头,如图 7-27 所示,与挤压式包覆机头相似,也是转角式机头,不同之处在于套管式包覆机头将塑料挤成管状,然后在口模外靠塑料管的热收缩包在芯线上。



1—芯线;2—导向棒;3—机头体;4—电热器;5—调节螺钉;
6—口模;7—包覆塑件;8—过滤板;9—挤出机螺杆

图 7-26 挤压式包覆机头



1—螺旋面;2—芯线;3—挤出机螺杆;
4—过滤板;5—导向棒;6—电热器;7—口模

图 7-27 套管式包覆机头

塑料熔体通过挤出机过滤板 4 进入机体内,然后流导向棒 5,导向棒 5 用来成型管材的内表面,口模 7 成型管材的外表面,挤出塑料管与导向棒同心,塑料管挤出口模后马上包覆在芯线上。由于金属芯线连续地通过导向棒,因此包覆生产可以连续地进行。

参数的确定:包覆层的厚度随口模尺寸、导向棒头部尺寸、挤出速度、芯线移动速度等变化。口模定型段长度 L 应小于口模出口直径 D 的 0.5 倍。否则,螺杆背压过大,不仅产量低,而且电缆表面出现流痕,影响表面质量。

(七) 异形材挤出机头设计

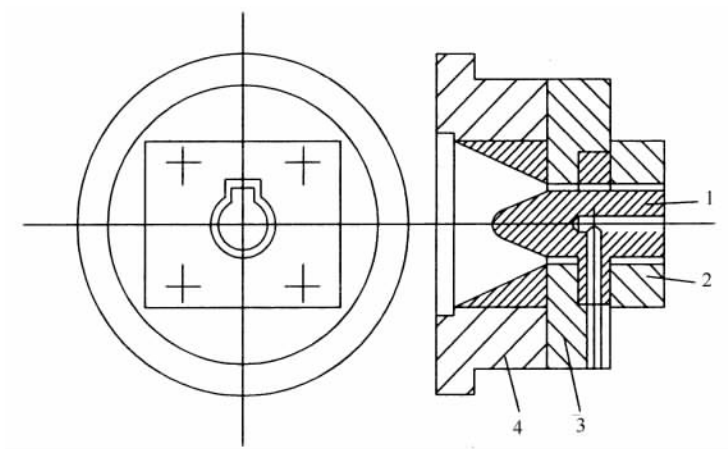
除了前面所述的挤出制品之外,凡是具有其他断面形状的塑料挤出制品,统称为异形材。异形材制品日常生活中常见的有塑料门窗、百叶窗、冰箱及铝门窗封条,异形材种类如图 7-28 所示。

异形管材	中空异形材	开放异形材	半开异形材	实心异形材	复合异形材

图 7-28 异形材种类

1. 板式机头

如图 7-29 所示,这种机头由模座 4 和口模板 3 组成。口模板能迅速更换,适用于小规格、小批量、多品种异形材生产,但难以达到高的尺寸准确性。这种机头目前多用于软聚氯乙烯型材的小批量生产和黏度不高、热稳定性较好的聚烯烃类塑料。



1—芯棒;2—口模;3—口模板;4—模座

图 7-29 板式机头

2. 流线型机头

如图 7-30 所示,这种机头整个流道无任何“死点”,截面逐渐减小,流道表面光滑,直至成型区达恒截面。这样的机头流道,熔体无滞留点,且流速恒定增加,能获得最佳型材质量。但机头流道加工较困难,须经过特殊加工整体制成。

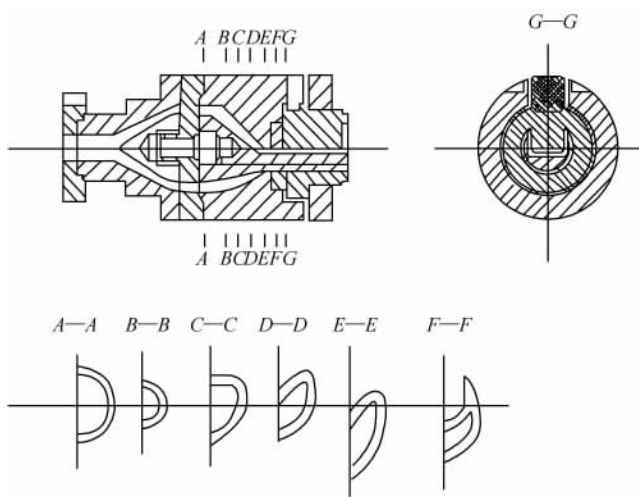


图 7-30 流线型机头

3. 设计要点

(1) 口模与制品形状的关系

口模的截面形状与制品的截面形状并不一致,这是因为异形孔各壁面与尖角部分的流速不相等,其尖角部分流出的流量小于其直边部分,所以口模的形状应在直壁部分收缩。如图 7-31(a)所示为口模截面形状,如图 7-31(b)所示为塑件截面形状。

(2) 机头结构参数

分流器扩张角 $\alpha < 70^\circ$, 对于成型条件要求严格的塑料如硬聚氯乙烯等,应尽量控制在 60° 左右;机头压缩比 $\delta = 3 \sim 13$;压缩角 $\beta = 25^\circ \sim 50^\circ$ 。

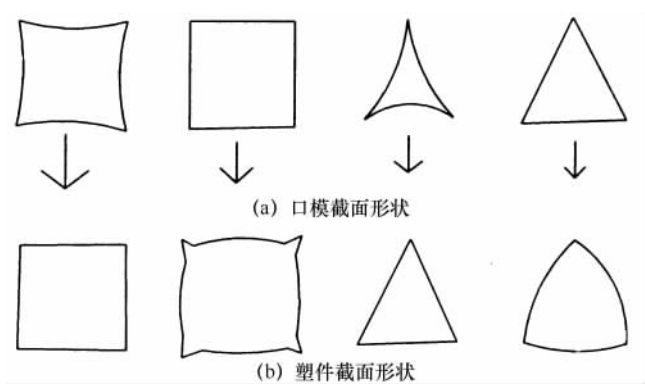


图 7-31 口模与制品形状的关系

(3) 口模的尺寸设计

异形材的壁厚如不完全一致,则厚的部位流量大、阻力小。当牵引的速度采用厚的部位的速度时,则薄的部位就更薄。反之,则厚的部位出现曲折波浪。这种现象可以通过改变口模定型段的长度来解决。然而这种设计数据与实际情况很难一致,必须经过试模修正。

口模与实际制品尺寸的关系是随着物料种类、成型温度、成型速度及混炼状况等而变的,并无确定的规则。表 7-18 列出了模唇设计的经验数据。

表 7-18 模唇设计的经验数据

材料	宽度	高度	成型段长高比(L/A)
CA	12%~20%	10%~30%	4 : 1~16 : 1
CAB	10%~20%	10%~20%	4 : 1~16 : 1
EC	-10%	20%	5 : 1
PS	-12%~20%	-15%~13%	6 : 1~24 : 1
PVC	-12%	3%	6 : 1
Actryloid	10%	-5%	—
EPC	10%	20%	4 : 1~16 : 1

在挤出厚薄不一致的异形材时,要把厚的部分的定型段长度加长。表 7-19 列出了模唇的常用设计数据。

表 7-19 模唇的常用设计数据

材料	宽度	高度	壁厚	定型段长度(mm)
一般塑料	+20%	+35%	厚度一致时+20%	25~38
SPVC	+20%	+30%	厚度一致时+12.5% 厚度不一致时+13.2%	
HPVC	+1%	+1%	+1.1%	13
PE	+10%	+15%	0%(试模时修正)	—
CA CAB PS	+20%	+20%	0%(壁厚较大时-10%以上)	25~38

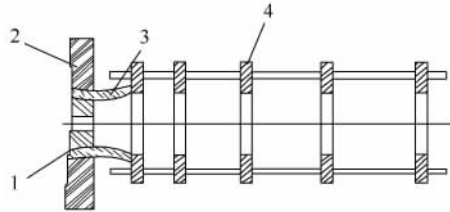
4. 定型模

异形材的尺寸和几何形状精度,除了与机头设计有关外,还取决于定型模。异形材的定型

方式有很多种,这里主要介绍多板式定型、加压定型和真空定型三种结构形式。

1) 多板式定型

如图 7-32 所示,多板式定型是最简单的一种形式,将多块厚度为 3~5mm 的黄铜板或铝板,以逐渐加大的间隔放置在水槽中。板的中央开出逐渐变小的成型形状的孔,使从口模挤出的型材穿过定型板,边冷却边定型。考虑到冷却后的异形材还会收缩,最后一块定型板的孔的尺寸要比异形材成型后的尺寸大 2%~3%。

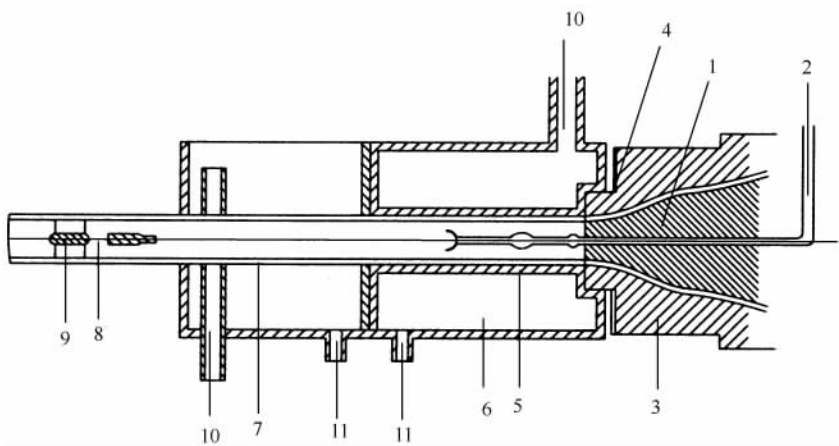


1—芯棒;2—口模;3—型材;4—定型板

图 7-32 多板式定型

2) 加压定型

加压定型又称压缩空气外定型,通常仅适用于当量直径在 25mm 以上的中空异形材。如图 7-33 所示,定型模 5 与挤出型材 7 之间的接触依靠空气压力(0.02~0.1MPa)。压缩空气由机头芯模 1 导入型材 7 内,并用浮塞 9 封闭。采用此种定型方法时,由于定型模与管材的接触面长,而且管内有一定的压力,所以成型的型材外表面尺寸精度较高,而且表面粗糙度较低。

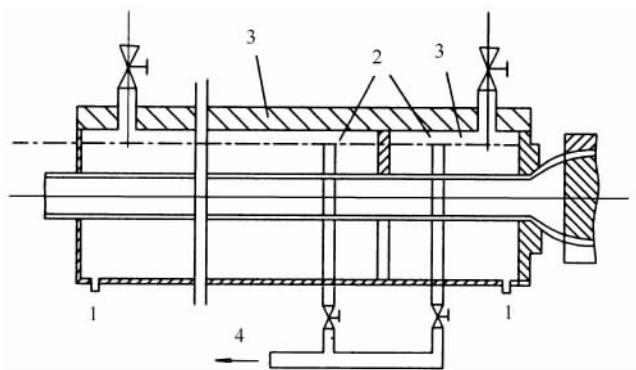


1—芯模;2—压缩空气入口;3—机头体;4—绝热垫;5—定型模;
6—冷却水;7—型材;8—链索;9—浮塞;10—水出口;11—水入口

图 7-33 加压定型

3) 真空定型

真空定型也称真空外定型。如图 7-34 所示,型材与定型模间的紧密接触,通过给定型模周围壁上的细孔或缝口抽真空来达到。在型材内无浮塞,维持大气压力即可。对于闭式空心型材,通常串联几个定型装置,如窗用异形材的定型装置就分三段,每段长 400~500mm。型材引入第一段中,由于受到拉挤压力而发生塑性变形,并沿模壁贴合形成与定型模截面一致的型材外形。若想在型材上形成沟槽、突缘或凸起,可在定型模的后一段进行,以减少卡塞的危险。



1—冷却水入口;2—冷却水出口;3—真空;4—真空泵

图 7-34 真空定型

4) 参数的确定

(1) 定型模长度

实践表明,当异形材壁厚为 2.5~3.5mm 时,定型模总长度为 1600~2600mm,这将给加工带来极大困难。因此,常将定型模分成多段制造,然后组装使用。其分段参考数据如表 7-20 所示。

表 7-20 异形材定型模分段参考数据

异形材截面尺寸和壁厚		定型模总长度/mm	可分段数
壁厚/mm	高×宽/(mm×mm)		
1.5 以下	40×200 以下	500~1300	1~2
1.5~3.0	80×300 以下	1200~2200	2~3
3.0 以上	80×300 以下	2000 以上	3 以上

(2) 定型模型腔尺寸

由于异形材型坯在定型过程中要经历冷却收缩和牵引拉长的变化,致使定型后的异形材的截面尺寸变小,故定型模径向尺寸必须适当放大。尺寸放大的唯一依据是异形材定型收缩率,如表 7-21 所示。

表 7-21 异形材定型收缩率

塑料名称	ABS	CA	PA610	PA66	PE	PP	RPVC	SPVC
收缩率(%)	1~2	1.5~2	1.5~2.5	1.5~2.5	4~6	3~5	0.8~1.3	3.5~5.5

三、中空吹塑成型工艺及模具

(一) 中空吹塑成型工艺分类及模具特点

中空吹塑是在闭合的模具内利用压缩空气将挤出或注射成型得到的半熔融状态的塑料型坯吹胀,然后冷却而获得中空制件的一种加工方法。其成型过程包括塑料型坯的制造和型坯的吹塑,主要用于制造薄壁塑料瓶、桶以及玩具等塑件。

中空吹塑成型可分为挤出吹塑、注射吹塑、注射拉伸吹塑、多层吹塑、片材吹塑等。

适用于中空吹塑成型的塑料一般为热塑性塑料,如 PE、PVC、PS、PP、PC 等。

1. 挤出吹塑成型

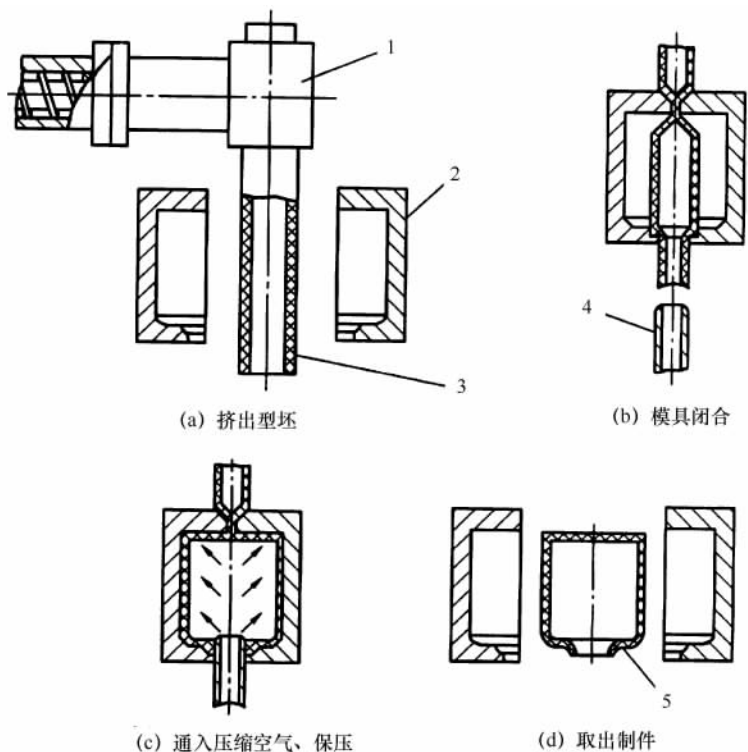
挤出吹塑成型是成型中空塑件的主要方法。如图 7-35 所示为挤出吹塑中空成型工艺过

程。首先,挤出机挤出管状型坯;截取一段型坯趁热将其放入模具中,闭合对开式模具的同时,夹紧型坯上下两端;向型腔内通入压缩空气,使其膨胀附着模腔壁而成型,然后保压;最后经冷却定型,便可排除压缩空气并开模取出塑件。

挤出吹塑成型模具结构简单,投资少,操作容易,适合多种塑料的中空吹塑成型。缺点是壁厚不均匀,塑件需要后加工去除飞边。

2. 注射吹塑成型

注射吹塑成型是用注射机在注射模中制成型坯,然后把热型坯移入中空吹塑模具中进行中空吹塑。其成型工艺过程如图 7-36 所示。首先,注射机在注射模中注入熔融塑料,制成型坯;型芯与型坯一起移入吹塑模内,型芯为空心,并且壁上带有孔;从芯棒的管道内通入压缩空气,使型坯吹胀并贴于模具的型腔壁上;保压、冷却定型后放出压缩空气,并且开模取出塑件。经过注射吹塑成型的塑件壁厚均匀,无飞边,不需要后加工,由于注射型坯有底,因此底部没有拼合缝,强度高,生产效率高,但是设备与模具的价格昂贵,多用于小型塑件的大批量生产。



1—挤出机头;2—吹塑模;3—管状型坯;4—压缩空气吹管;5—塑件

图 7-35 挤出吹塑中空成型工艺过程

3. 注射拉伸吹塑成型

注射拉伸吹塑成型与注射吹塑成型比较,增加了拉伸这一工序。其成型工艺过程如图 7-37 所示。首先,注塑一空心、有底的型坯;型坯移到拉伸和吹塑工位,进行拉伸;吹塑成型、保压;冷却后开模取出塑件。还有另外一种注射拉伸吹塑成型的方法,即冷坯成型法,型坯的注射和塑件的拉伸吹塑成型分别在不同设备上进行,型坯注射完以后,再移到吹塑机上吹塑,此时型坯已散发一些热量,需要进行二次加热,以确保型坯达到拉伸吹塑成型温度,这种方法的主要特点是设备结构较简单。

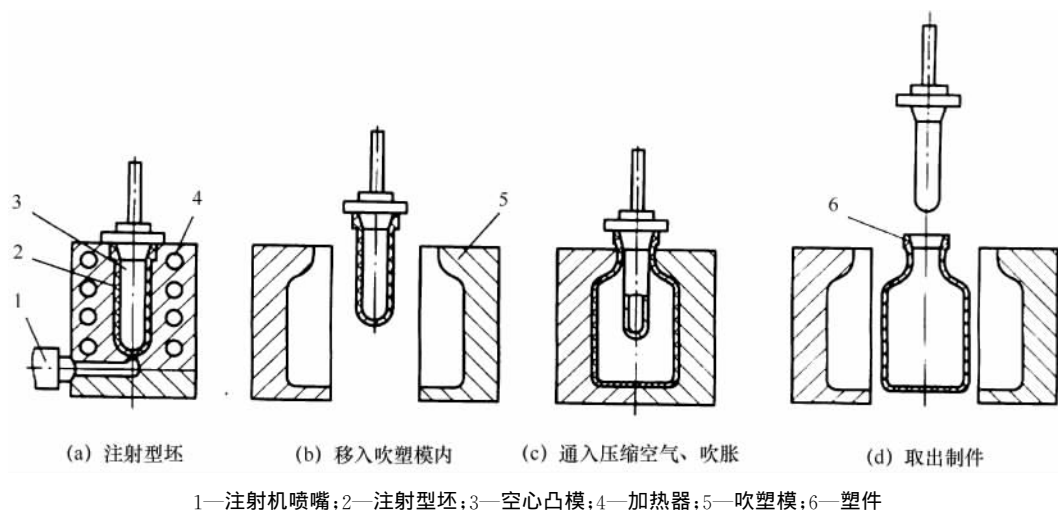


图 7-36 注射吹塑中空成型工艺过程

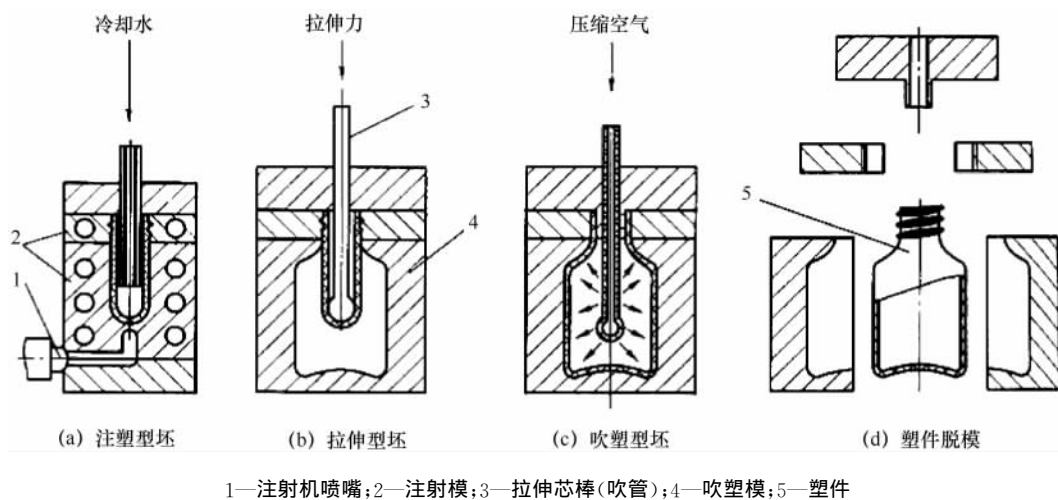


图 7-37 注射拉伸吹塑中空成型工艺过程

4. 多层吹塑成型

多层吹塑成型是指不同种类的塑料,经特定的挤出机头挤出一个坯壁分层而又黏结在一起的型坯,再经吹塑制得多层中空塑件的成型方法。发展多层吹塑的主要目的是解决单独使用一种塑料不能满足使用要求的问题。例如,单独使用聚乙烯,它的气密性较差,所以其容器不能盛装带有香味的食品,而聚氯乙烯的气密性优于聚乙烯,可采用外层为聚氯乙烯、内层为聚乙烯的容器,气密性好且无毒。

5. 片材吹塑成型

片材吹塑中空成型如图 7-38 所示。将压延或挤出成型的片材再加热,使之软化,放入型腔,合模后在片材之间通入压缩空气而成型出中空塑件。如图 7-38(a)所示为合模前的状态,如图 7-38(b)所示为合模后的状态。

(二) 中空吹塑成型工艺特点与参数

1. 中空吹塑成型工艺特点

(1) 原料的选择

首先要要求原料的性能满足制品的使用要求,尤其是气密性和耐冲击性;其次是原料的加工

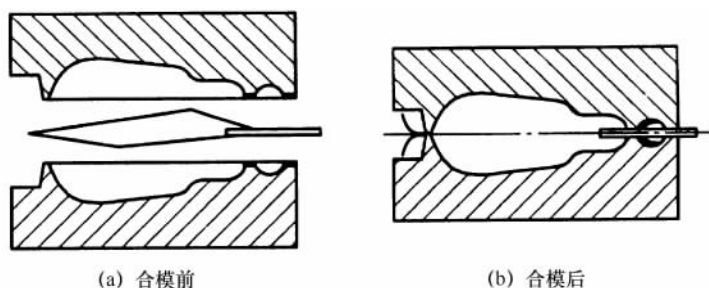


图 7-38 片材吹塑中空成型

性能必须符合吹塑工艺的要求。例如,高密度聚乙烯的熔体指数范围为 $0.94 \sim 0.96 \text{g/cm}$ 。低熔体指数的树脂吹塑时有利于防止型坯下垂,容易得到壁厚均匀的管坯。但是螺杆转速增高时,低熔体指数的树脂外观粗糙。因此对于熔体指数的选用,大中型吹塑制品以防止型坯下垂为主,宜取小一些;小型吹塑制品宜取大一些。

(2) 温度的控制

在挤出管坯过程中,温度控制的精确度对于管坯质量影响很大。例如,温度低,型坯表面粗糙;温度高,表面光泽好,但下垂严重。在挤出聚氯乙烯等容易热降解的树脂时,还要注意控制温度不超过降解温度。

(3) 螺杆转速对挤出管坯的影响

螺杆转速是影响管坯质量的一个重要因素。高的挤出速度能够提高产量,减少型坯下垂,但是型坯表面质量下降。尤其是剪切速率增大造成某些塑料,如高密度聚乙烯,可能出现熔体破裂现象。而且转速提高时大量摩擦热的产生使聚氯乙烯等塑料有瞬间降解的危险。所以,一般吹塑机都选用大一点的挤出装置,使螺杆转速在 70rpm 以下。

(4) 口模对挤出管坯的影响

口模是决定型坯尺寸及形状的重要装置,所以要求内表面光滑且尺寸必须按设计要求加工。

2. 中空吹塑成型工艺参数

(1) 型坯温度

吹塑成型时,型坯温度是关键。温度太高,熔料黏度低、易变形,使管坯在转移中出现厚度不均,影响吹塑制品质量;温度太低,制品内常带有较多的内应力,使用中易发生变形及应力破裂。吹塑时,型坯温度应处于高弹态温度范围内,如图 1-2 中的 $T_g \sim T_f$ 之间。挤出吹塑成型时,型坯温度应该在 $T_g \sim T_f$ 范围内并靠近 T_f 。注射吹塑成型时,在保证型坯转移不发生问题的前提下,型坯温度应该在 $T_g \sim T_f$ 范围内取高值。而注射拉伸吹塑成型时,型坯温度应该在 $T_g \sim T_f$ 范围内取低值。

(2) 模具温度

为保证制品质量,模具的温度应分布均匀,模温一般保持在 $20 \sim 50^\circ\text{C}$ 。模温过低,会使夹口处塑料的延伸性降低,不易吹胀,并使制品在此部分加厚,同时使成型困难,制品的轮廓和花纹等也不清楚。模温过高,冷却时间延长,生产周期加长,制品脱模变形,收缩增大。模温的高低取决于塑料的品种,当塑料的玻璃化温度较高时,可以采用较高的模温;反之,则尽可能降低模温。

通常随着制品壁厚的增加,冷却时间延长。有时除对模具进行冷却外,还可对成型制品进

行内部冷却,即向制品内部通入各种冷却介质(如液氮、二氧化碳等)进行直接冷却。为了能按要求选择模温,常配置模具油温调节器,用精度较高的数字温控仪控制。

(3) 吹胀比

通常把制品的尺寸与型坯尺寸之比称为吹胀比。当型坯的尺寸和质量一定时,制品的尺寸越大,型坯的吹胀比也越大。根据塑料的品种和性质、制品的形状和尺寸以及型坯的尺寸等来确定吹胀比的大小。通常把吹胀比控制在 2~4。

(4) 吹气压力

吹塑中,压缩空气有两个作用,一是使管坯胀大而紧贴模腔壁,形成需要的形状;二是起冷却作用。根据塑料品种和型坯温度的不同,空气压力也不一样,一般控制在 0.2~0.7MPa,最适宜的是能使制品在成型后外形、花纹等表露清晰的压力。对于黏度较低、容易变形的塑料取较小值,对于黏度和模量较高的塑料取较大值。大容积和薄壁制品宜用较高压力,小容积和厚壁制品则使用较低压力。

(5) 充气速度

为了缩短吹气时间,以利于制品获得较均匀的厚度和较好的表面,充气速度(单位时间内流过的空气体积)要尽可能大一些。但也不宜过大,否则会给制品带来不良影响,首先是会在空气进口处造成真空,使这部分的型坯内陷,而当型坯完全吹胀时,内陷部分会形成横隔膜片;其次是口模部分的型坯有可能被极快的气流拉断,形成废品。因此,需要加大吹管口径或适当降低充气速度。

(6) 成型周期

吹塑的周期包括挤出型坯、截取型坯、合模、吹气、冷却、放气、开模、取出制品(其后的修整、配套、包装另计)等过程。

表 7-22 列出了常见材料吹塑成型工艺参数。

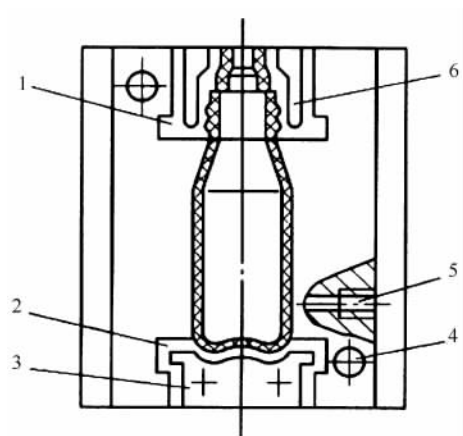
表 7-22 常见材料吹塑成型工艺参数

工艺条件	醋酸纤维(CA)	硬聚氯乙烯(HPVC)	聚乙烯(PE)	尼龙 1010	聚碳酸酯(PC)
型坯挤出时间(s)	22	30	15	20	60
充气时间(s)	12	15	15	10	20~30
冷却时间(s)	3	3	5	5	10~15
总周期(s)	45	55	40	40	120
充气压力(MPa)	0.3~0.34	0.4	0.3~0.4	0.2~0.3	0.69
充气方法	顶吹	顶吹	顶吹	顶吹	顶吹
吹胀比	1.5 : 1	2 : 1	2.5 : 1	2 : 1	1.6 : 1
主品质量(g)	50~55	75~80	80	7	300
螺杆转速(rpm)	16.5	16.5	22	12	11.5
挤出机	$d=45\text{mm}$ 立式挤出	$d=45\text{mm}$ 立式挤出	$d=89\text{mm}$ 立式挤出	$d=89\text{mm}$ 立式挤出	$d=89\text{mm}$ 立式挤出

(三) 吹塑模具设计

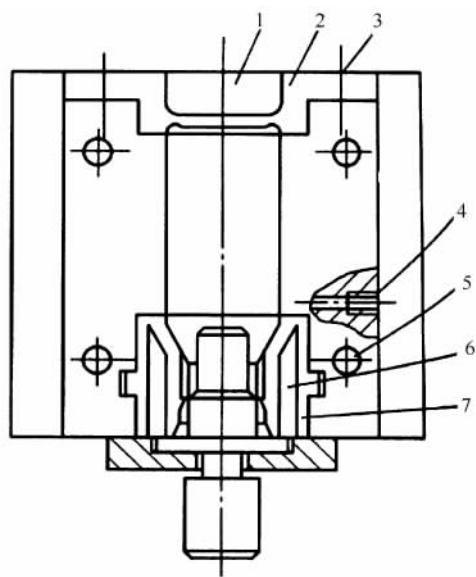
从模具结构和工艺上看,吹塑模具分为上吹口和下吹口两类。图 7-39 为典型的上吹口模具结构,空气由模具上端吹入;图 7-40 为典型的下吹口模具结构,空气由模具下端吹入。

吹塑模具设计要点如下。



1—口部镶块；2—底部镶块；
3、6—余料槽；4—导柱；5—冷却水道

图 7-39 上吹口模具结构



1、6—余料槽；2—底部镶块；3—螺钉；
4—冷却水道；5—导柱；7—瓶颈(吹口)镶块

图 7-40 下吹口模具结构

1. 模口

模口在瓶颈板上,是吹管的入口,也是塑件的瓶口,吹塑后对瓶口尺寸进行校正和切除余料。口部内径校正是由装在吹管外面的校正芯棒,通过模口的截断部分,同时进行校正和截断的。

2. 夹坯口

夹坯口也称切口。挤出吹塑过程中,模具在闭合的同时需要将余料切除,因此在模具相应部位要设置夹坯口。切口接合面的表面粗糙度要尽可能地减小,热处理后要经过磨削和研磨加工,在大量生产中应镀铬抛光。夹坯刃口的角度和宽度对吹塑件的质量影响很大(尤其是上刃口)。一般底部夹坯刃口宽度为 $1\sim 2\text{mm}$,刃口角度为 $15^\circ\sim 30^\circ$,如图 7-41 所示。

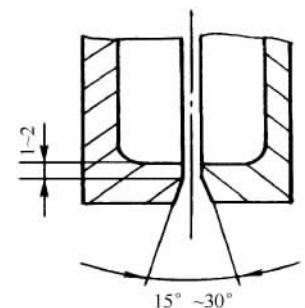


图 7-41 夹坯口

3. 余料槽

型坯在刃口的切断作用下,会有多余的塑料被切除,它们将被容纳在余料槽内。余料槽通常设在切口的两侧,其大小应根据型坯夹持后余料的宽度和厚度来确定,以模具能严密闭合为准。

4. 排气孔(槽)

模具闭合后,型腔呈封闭状态,应考虑在型坯吹胀时模具内原有空气的排出问题。排气不良会使塑件表面出现斑纹、麻坑和成型不完全等缺陷。因此,吹塑模具还要考虑设置一定数量的排气孔(槽)。一般开设在模具的分型面上和模具的“死角部位”(如在多面角部位或圆瓶的肩部)。

5. 冷却

吹塑模具的温度一般控制在 $20\sim 50^\circ\text{C}$,冷却要求均匀。

四、压缩空气成型工艺及模具

(一) 压缩空气成型工艺过程

压缩空气成型工艺过程如图 7-42 所示。首先,将塑料板材置于加热板和凹模之间,固定加热板,塑料板材只被轻轻地压在模具刃口上。然后,在加热板抽出空气的同时,从位于型腔底部的空气口向型腔中送入空气,使被加工板材紧贴加热板,这样塑料板材很快被软化,达到适于成型的温度。这时增加从加热板进入的空气,使塑料板材逐渐贴紧模具。与此同时,型腔内的空气通过其底部的通气孔迅速排出,最后使塑料板材紧贴模具。待板材冷却后,停止从加热板喷出压缩空气,再使加热板下降,对塑件进行切边。在加热板回升的同时,从型腔底部通入空气使塑件脱模,然后取出塑件。

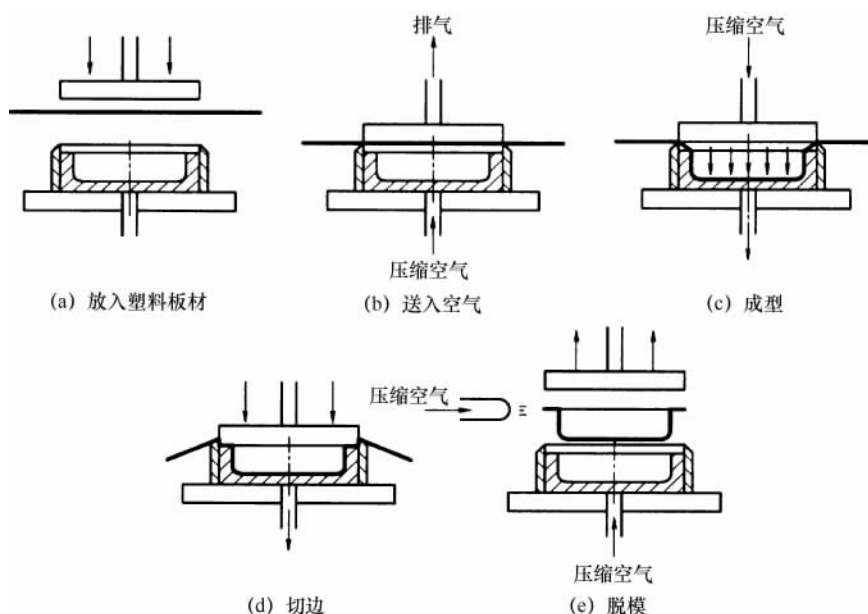


图 7-42 压缩空气成型工艺过程

用压缩空气成型时,可对板材施加 1MPa 以上的成型压力。由于成型压力很高,所以可以获得充满模具形状的塑件及深腔的塑件。

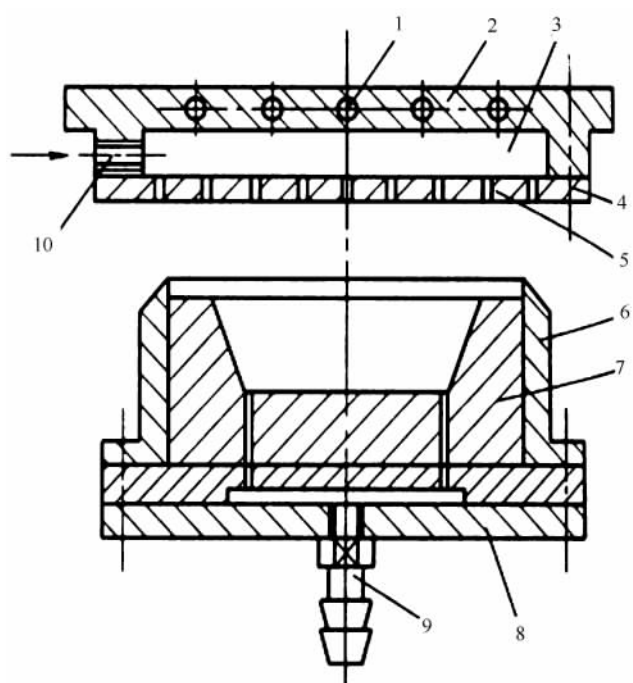
(二) 压缩空气成型模具

压缩空气成型模具结构具有模具型刃,因此塑件成型后,在模具上就可将余料切除,并且塑料板材直接接触加热板,加热速度快。

压缩空气成型模具型腔与真空成型模具型腔基本相同。压缩空气成型模具的主要特点是在模具边缘设置型刃。

在模具的边缘设置型刃是为了切除成型中的余料,常把型刃的顶端削平 0.1~0.15mm,型刃的角度以 20°~30°为宜,其尖端必须比型腔的端面高出板材的厚度 ± 0.1 mm。成型时,放在凹模型腔端面上的板材同加热板之间就能形成间隙,此间隙可使板材在成型期间不与加热板接触,避免板材过热造成产品缺陷。

如图 7-43 所示是典型的压缩空气成型模具。



1—加热棒;2—加热板;3—热空气室;4—面板;5—空气孔;6—型刀;
7—凹模;8—底板;9—通气孔;10—压缩空气管

图 7-43 压缩空气成型模具

附录 A 常用塑料成型收缩率表

塑料种类		填充材料	收缩率(%)
热固性塑料	酚醛塑料	木粉	0.4~0.9
	酚醛塑料	玻璃纤维	0.01~0.4
	脲醛塑料	A 纤维素	0.6~1.4
	密胺塑料	A 纤维素	0.5~1.5
	环氧树脂	玻璃纤维	0.1~0.5
	聚酯树脂	玻璃纤维	0.1~1.2
	DAP	A 纤维素	0.1~0.5
	三聚氰胺(CD)		0.3~0.6
热塑性塑料	高压聚乙烯(LDPE)		1.5~3.6
	中密度聚乙烯		1.5~5.0
	低压聚乙烯(HDPE)		2.0~5.0
	聚丙烯(PP)	玻璃纤维	1~2.5
	聚丙烯(PP)		0.4~0.8
	聚甲醛(POM)	玻璃纤维	2.0~3.0
	聚甲醛(POM)		1.3~1.8
	聚苯乙烯(PS)		0.4~0.7
	高抗冲聚苯乙烯		0.2~0.6
	改性聚苯乙烯		0.1~0.2
	ABS		0.3~0.8
	聚碳酸酯(PC)		0.5~0.8
	聚碳酸酯(PC)	玻璃纤维	0.1~0.3
	硬质聚氯乙烯(HPVC)		0.6~1.5
	软质聚氯乙烯(SPVC)		2~2.3
	改性有机玻璃(PMMA)		0.4~0.7
	聚砜(PSF)		0.5~0.7
	尼龙(PA)1010		0.5~4.0
	尼龙(PA)1010	玻璃纤维	0.3~1.4
	尼龙(PA)6		0.8~2.5
	尼龙(PA)6	玻璃纤维	0.3~0.5
	尼龙(PA)66		1.5~2.2
	尼龙(PA)610		1.0~2.0
	尼龙(PA)610	玻璃纤维	0.3~1.4
	尼龙(PA)9		1.5~2.5
	尼龙(PA)11		1.2~1.5
	聚苯醚(PPO)		0.7~1.0
	醋酸纤维素(CA)		0.3~1.5
	聚酰亚胺(PI)		0.5~1
	氯化聚醚(CPT)		0.4~0.8
	聚三氟氯乙烯(F-3)		1~2.5
	聚全氟乙丙烯(F-46)		2~5

附录 B 常用塑料的分类和用途

俗称	中文学名	英文学名	英文简称	主要用途
硬胶	通用聚苯乙烯	General Purpose Polystyrene	PS	灯罩、仪器壳罩、玩具等
不脆胶	高冲击聚苯乙烯	High Impact Polystyrene	HIPS	日用品、电器零件、玩具等
ABS 料	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	Acrylonitrile Butadiene Styrene	ABS	电器用品外壳、日用品、高级玩具、运动用品
AS 料 (SAN 料)	丙烯腈-苯乙烯	Acrylonitrile Styrene	AS(SAN)	日用透明器皿、透明家庭电器用品等
BS(BDS)K 料	丁二烯-苯乙烯	Butadiene Styrene	BS(BDS)	特种包装、食品容器、笔杆等
ASA 料	丙烯酸-苯乙烯-丙烯腈	Acrylonitrile Styrene acrylate co-polymer	ASA	一般建筑领域、户外家具、汽车外侧视镜壳体
PP(百折胶)	聚丙烯	Polypropylene	PP	包装袋、拉丝、包装物、日用品、玩具等
PPC	氯化聚丙烯	Chlorinated Polypropylene	PPC	日用品、电器等
LDPE(花料, 筒料)	低密度聚乙烯	Low Density Polyethylene	LDPE	包装胶袋、胶花、胶瓶电线、包装物等
HDPE(孖力士)	高密度聚乙烯	High Density Polyethylene	HDPE	包装、建材、水桶、玩具等
EVA(橡皮胶)	乙烯-醋酸乙酯	Ethylene-Vinyl Acetate	EVA	鞋底、薄膜、板片、通管、日用品等
CPE	氯化聚乙烯	Chlorinated Polyethylene	CPE	建材、管材、电缆绝缘层、重包装材料
尼龙单 6	聚酰胺-6	Polyamide-6	PA-6	轴承、齿轮、油管、容器、日用品
尼龙孖 6	聚酰胺-66	Polyamide-66	PA-66	机械、汽车、化工、电气装置等
尼龙 9	聚酰胺-9	Polyamide-9	PA-9	机械零件、泵、电缆护套
尼龙 1010	聚酰胺-1010	Polyamide-1010	PA-1010	绳缆、管材、齿轮、机械零件
亚加力	聚甲基丙烯酸甲酯	Polymethyl Methacrylate	PMMA	透明装饰材料、灯罩、挡风玻璃、仪器表壳
改性有机玻璃 372#, 373#	甲基丙烯酸甲酯-苯乙烯	Polymethyl Methacrylate-Styrene	MMS	高抗冲要求的透明制品
防弹胶	聚碳酸酯	Polycarbonate	PC	高抗冲的透明件、高强度及耐冲击的零部件
赛钢	聚甲醛	Polyoxymethylene (Polyformaldehyde)	POM	机械的齿轮、轴承等
赛璐璐	硝酸纤维素	Cellulose Nitrate	CN	眼镜架、玩具等

续表

俗称	中文学名	英文学名	英文简称	主要用途
酸性胶	醋酸纤维素	Cellulose Acetate	CA	家用器具、工具手柄、容器等
	乙基纤维素	Ethyl Cellulose	EC	工具手柄、体育用品等
涤纶(的确凉)	聚对苯二甲酸乙二 醇酯	Poly(Ethylene Terephthalare)	PET	轴承、链条、齿轮、录音带等
	聚对苯二甲酸丁二 醇酯	Poly(Butylene Terephthalare)	PBT	
PVC	聚氯乙烯	Poly(Vinyl Chloride)	PVC	棒、管、板材、输油管、电线绝缘层、密封件等
F4 氟料	聚四氟乙烯	Polytetrafl uoroethylene	PTFE	高频电子仪器、雷达绝缘部件
F46 氟料	聚全氟代乙丙烯	Perfluorinated Ethylene-Propyl- ene Copolymer	FFP, F46	高频电子仪器、雷达绝缘部件
F3 氟料	聚三氟氯乙烯	Polychlorotrifl uoreethylene	PCTFE	透明视镜、阀管件等
	可溶性聚四氟乙烯		Teflon, PFA	化工配件、机械零件、电线保护膜
	四氟乙烯-乙烯共 聚物		ETFE	化工配件、机械零件、电线保护膜
	聚砜	Polysulfone	PSU(PSF)	电器零件、结构件、飞机及汽车零件等

附录 C 注射成型塑件成型缺陷分析

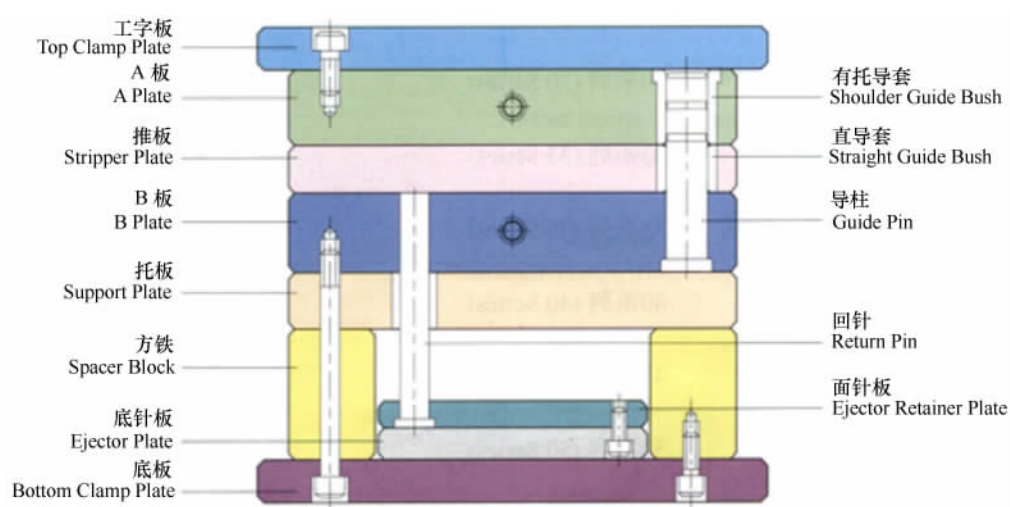
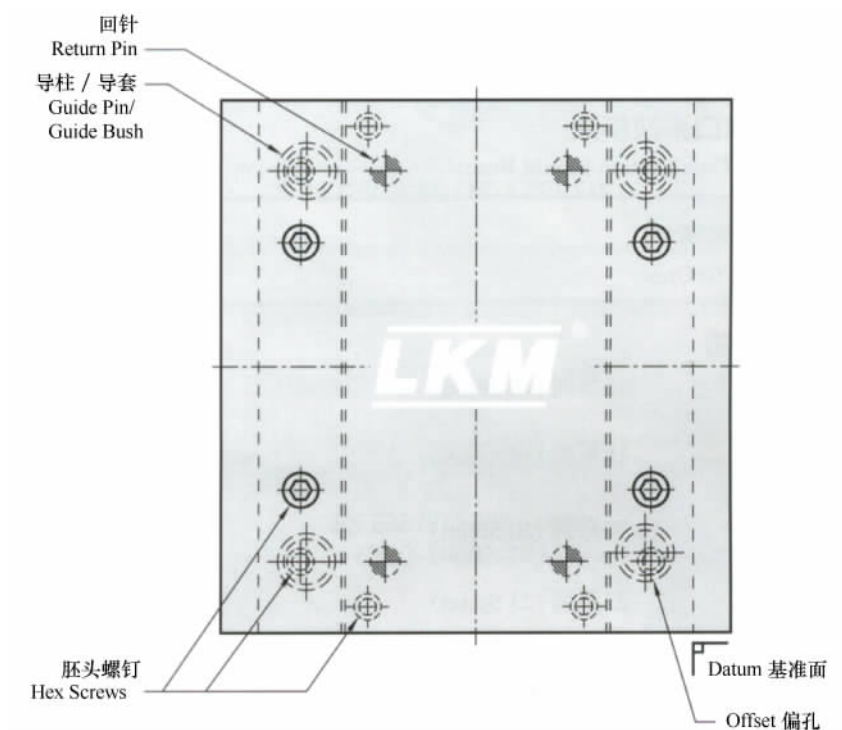
缺陷名称	注塑缺陷的特征	注塑机可能出现的问题	建议使用的补救方法
黑褐斑点	注塑件有正确的色调,但偶尔可见斑点或条纹	<ol style="list-style-type: none"> 1. 上一次生产运行的降解塑料在熔胶筒、螺杆、止逆阀甚至可能在热流道的集料管内固化 2. 塑料因熔胶筒装置的死角或不流动区,在高温下停留时间过长 3. 塑料进入模腔的速度太快,引起过度剪切聚合物 4. 熔胶温度太高 5. 使用不正确的螺杆表面速度和背压,引起熔化塑料的过度剪切 6. 在加工塑料时使用不正确的螺杆类型设计 	<ul style="list-style-type: none"> * 使用清洗混合物或高相对分子质量 PMMA 来清洁熔胶筒装置 * 将熔胶筒和螺杆拆卸下来并彻底清洁与熔化聚合物接触的表面 * 检查射嘴是否正确地位于熔胶筒内 * 用打开或直通类型的射嘴替换关闭的射嘴 * 降低注射速度 * 降低熔胶筒区的熔胶温度 * 使用最小的背压和正确的螺杆表面速度 * 使用熔胶速度较低的螺杆
脆裂	注塑件在顶出时断裂,或在处理时容易断掉或裂开	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熔胶温度太低 2. 塑料在熔胶筒内降解,引起塑料分子结构的破裂 3. 模具填充速度太低 	<ul style="list-style-type: none"> * 在熔胶筒上给后区和射嘴增温 * 降低螺杆速度或调整转速以获得正确的螺杆表面速度 * 在所有区域降低熔胶筒温度 * 降低背压 * 使用排气的熔胶筒保证排出孔正确运行且每个孔设定正确温度 * 提高注塑速度 * 在注塑机上保持稳定的垫料
气泡(困气)	如果熔胶中含有气体(挥发性物质),那么保压消失时在注塑件中也会含有气泡	<ol style="list-style-type: none"> 1. 困在射料缸中的空气 2. 填充压力不足 3. 模具填充速度太高 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低熔胶筒温度,特别是后区的 * 增高背压 * 降低螺杆度,减少倒索量 * 增大注塑压力 * 降低注塑速度
纹裂	注塑件表面有细小的裂纹或裂缝,它们在透明注塑件上形成白色/银色外表	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注塑压力太高 2. 模具填充速度太低 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低注塑压力 * 提高注塑速度
燃烧痕	变了色的塑料(从黄色到黑色)通常在流道尾部或空气压缩的地方出现	<ol style="list-style-type: none"> 1. 塑料太热 2. 模具填充速度太高 3. 背压太高 4. 熔融物中挥发物过量 5. 使用了过大的锁模力 6. 在先前的生产运作结束时使用错误的清机程序,即塑料留在熔缸里“煮” 7. 塑料在熔胶筒内滞留时间过长 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低熔胶温度 * 降低注塑速度 * 降低背压 * 检查螺杆表面速度是否正确 * 确保空气没有和塑料一起进入熔胶内 * 检查料斗里是否总是填满塑料至一稳定高度 * 轻微降低锁模力 * 采用严格的清机程序

缺陷名称	注塑缺陷的特征	注塑机可能出现的问题	建议使用的补救方法
塑料降解	注塑件或注塑件的某些部分变了颜色,颜色通常在降解的地方变深,从黄色经橘黄色到黑色	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熔胶筒内塑料过分加热 2. 温度控制器运作不正常 3. 使用了不正确的热电偶类型 4. 塑料在熔胶筒内的滞留时间太长 5. 塑料在停止生产时滞留在熔胶筒内 6. 塑料在熔胶筒内的某处“搁浅”并降解 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低熔胶温度 * 检查使用的热电偶类型是否与温度控制器上提供的一致 * 检查是否所有热电偶都正常运行 * 检查注塑质量,若小于注塑机注塑压的 25%,则将模具转到较小的注塑机上 * 若无较小的注塑机可供使用,则将熔胶筒温度降至最低,这将生产出合乎质量要求的注塑件 * 停止生产时,要清理料缸,让螺杆处于最向前位置上 * 查看熔胶筒,去除合模面的任何残渍
表面粗糙	注塑件的表面粗糙度不一致,有些部位比其它部位更有光泽	<ol style="list-style-type: none"> 1. 射嘴中的冷却 2. 熔胶温度太低 	<ul style="list-style-type: none"> * 检查射嘴安装处是否有滴漏 * 提高射嘴温度 * 若使用封闭式射嘴,检查它是否正确运作 * 注塑机射嘴内的倒锥可使塑料与模具分离 * 提高熔胶温度
注塑件披锋	注塑件上有多余物质和棱角或周缘翅片,它们常出现在模具零件的分割线或模具的缝或孔上	<ol style="list-style-type: none"> 1. 注塑压力太大 2. 注塑入模具内的塑料过多 3. 塑料太热 4. 生产运行中产生间歇性停顿 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低注塑压力或早点从塑压变为保压 * 减少螺杆前移时间 * 降低注塑速度 * 降低注塑的容量 * 降低熔胶温度 * 减小总周期时间 * 当生产停顿时检查注塑运作,尤其是熔胶温度
注塑件不正确收缩	注塑件没有显示出与塑料相关的正常收缩值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模腔内的注塑压力太低 2. 模腔内的塑料不足 3. 模具温度太高 4. 不正常的注塑条件 5. 射嘴孔太小 6. 模具模腔填充速度太低 7. 模具内的浇口没有凝结关闭 8. 注射量内熔胶温度有差异 	<ul style="list-style-type: none"> * 逐渐升高注塑压力,检查在每次升压时注塑件的大小,直到注塑件出现轻的披锋 * 增加注塑量或检查垫料 * 降低模具温度 * 使用正确的注塑条件(温度和压力等) * 在没稳定注塑过程前抽取样本 * 增大射嘴孔的直径 * 提高注塑速度或采用多级填充速度 * 增加螺杆向前时间,并在每次增加时测量样本

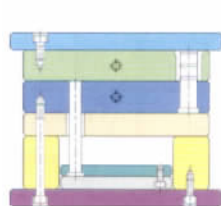
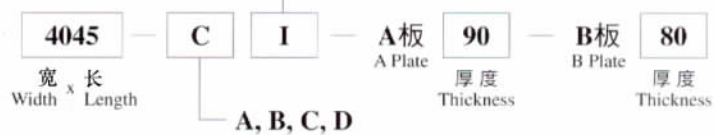
缺陷名称	注塑缺陷的特征	注塑机可能出现的问题	建议使用的补救方法
银条纹	这也称为“云母痕”气泡,注塑件表面某些地方呈银色	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熔胶表面温度太高 2. 塑料滞留在熔胶筒中的时间太长 3. 溶胶温度太低,导致模具填充不稳定 4. 注塑压力不足 5. 温度控制器不精确,使控制有差异 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低熔胶筒温度 * 减少总周期时间 * 注塑量对注塑机来说太少 * 提高熔胶筒温度 * 提高射嘴温度 * 提高模具填充速度 * 增大注塑压力 * 检查温度控制器是否精确且具有控制力
注塑件变形	注塑件不能精确复制模腔的尺寸,有些部分残缺、弯曲或变形	零件在太热时就顶出	<ul style="list-style-type: none"> * 降低熔胶温度 * 增加总周期时间 * 降低模具温度 * 增加冷却时间
注塑件粘在模内	注塑件在模具内粘住,使注塑件移出十分困难	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模具内塑料过分填塞 2. 注塑压力维持的时间过长 	<ul style="list-style-type: none"> * 降低注塑量 * 降低熔胶筒温度 * 减少螺杆向前的时间 * 降低注塑压力

附录 D 龙记模架及模具钢

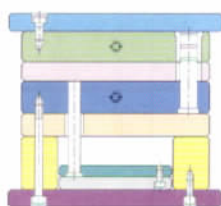
1. 龙记大水口系统模架



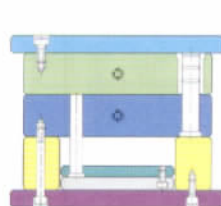
I : 工字模/I-type
H : 直身模/H-type
T : 直身模加面板/T-type



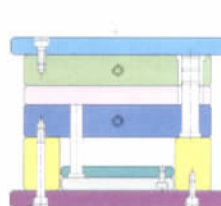
AI



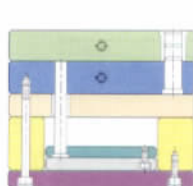
BI



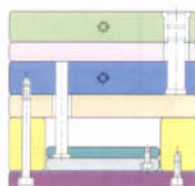
CI



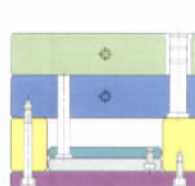
DI



AH



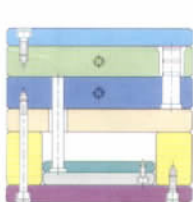
BH



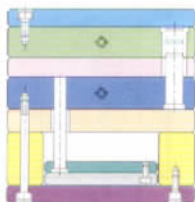
CH



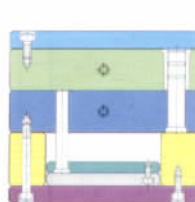
DH



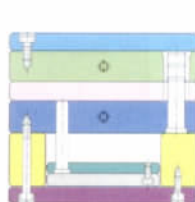
AT



BT

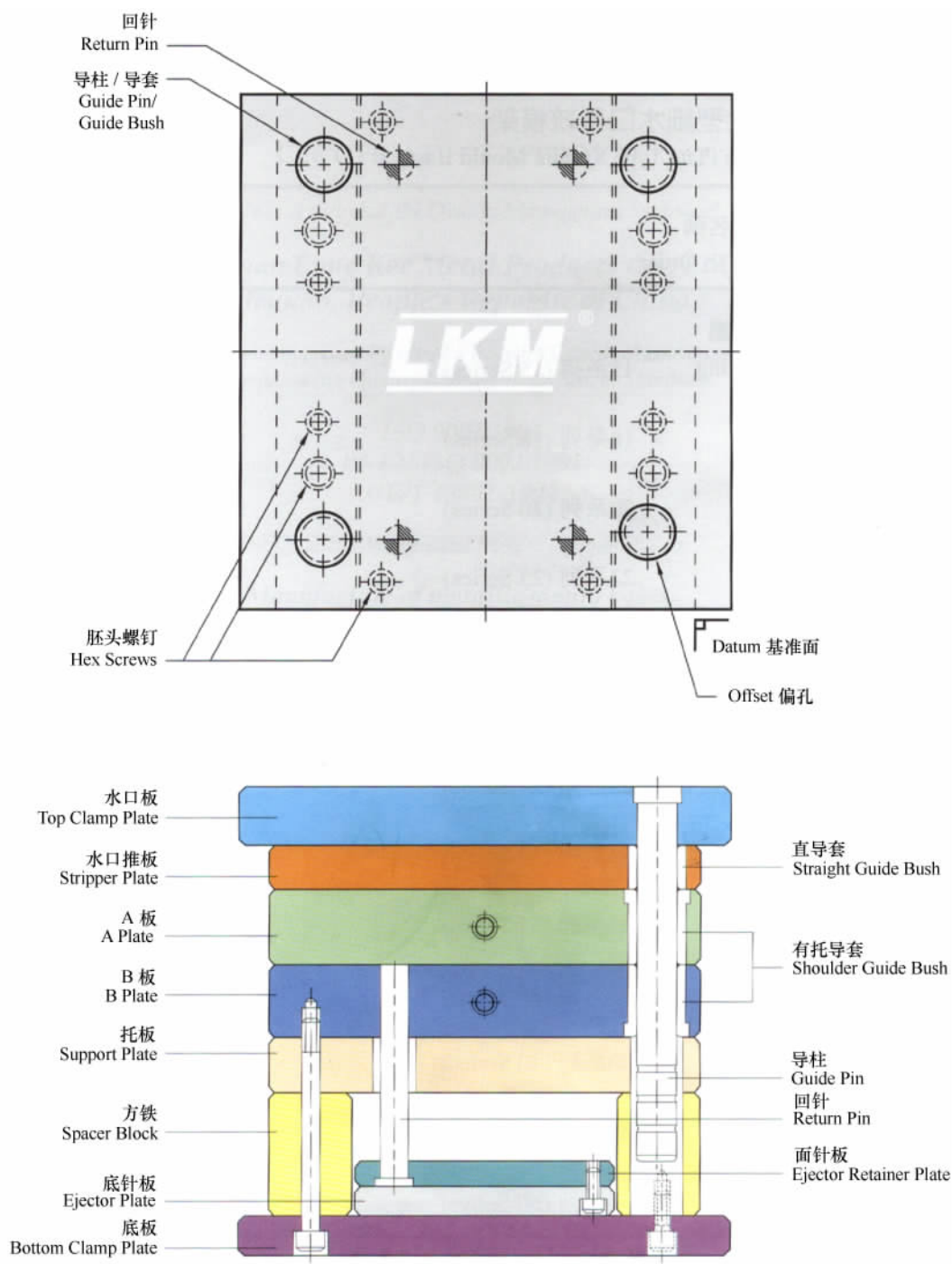


CT



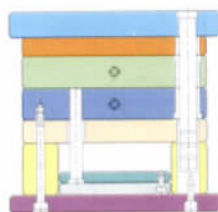
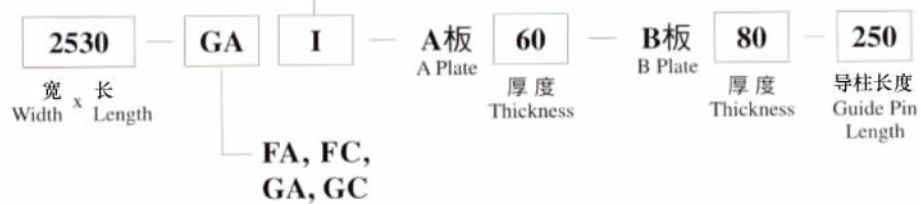
DT

2. 龙记简化型细水口系统模架

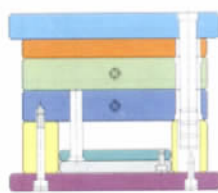


I : 工字模/I-type

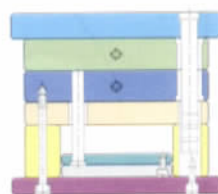
H : 直身模/H-type



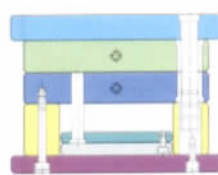
FAI



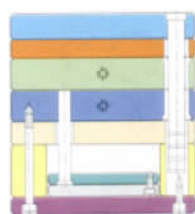
FCI



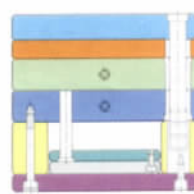
GAI



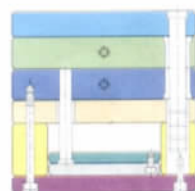
GCI



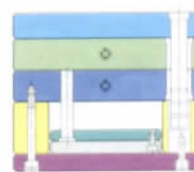
FAH



FCH

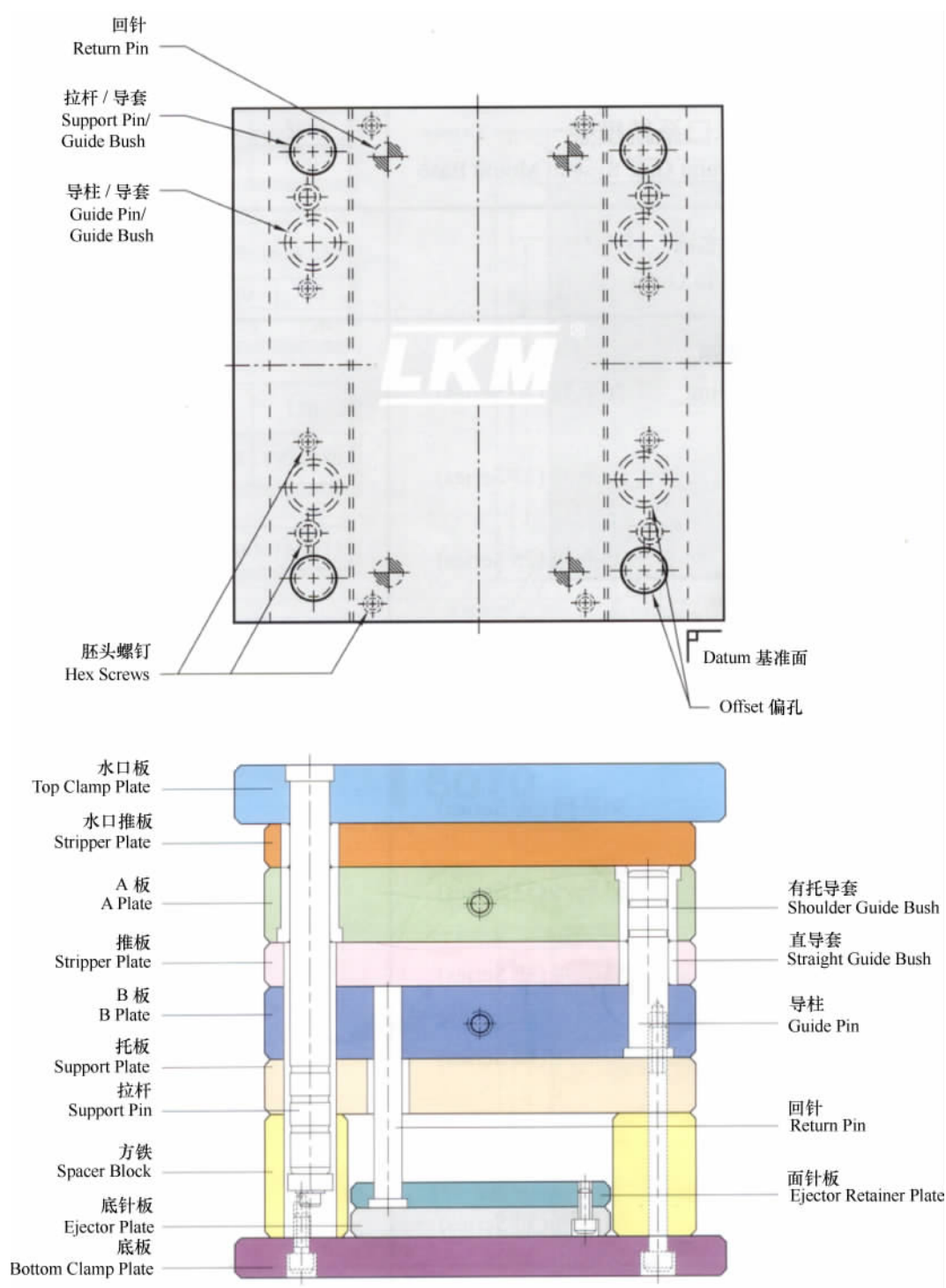


GAH



GCH

3. 龙记细水口系统模架



4. 龙记优质钢

品牌	名称	备 注	特 性	用 途
法国奥伯杜瓦 	MEK4	40CrMoV12 HB370~400	预加硬高耐磨性塑胶模具钢	要求高硬度、高韧性及高耐磨性的塑胶模具,经硬化后表面硬度可达 800HV
瑞典一胜百 	718H	P20 HB330~380	预加硬塑胶模具钢	高抛光度及高要求内模件,适合 PA、POM、PS、PE、PP、ABS 塑料
	S136	420 HB215	耐腐蚀镜面模具钢	镜面模,淬火后防酸性高,可保证冷却管道不受锈蚀,适合 PVC、PP、EP、PC、PMMA 塑料,食品工业机械构件
	S136H	420 HB290~330	耐腐蚀镜面模具钢	镜面模,防酸性高,可保证冷却管道不受锈蚀,适合 PVC、PP、EP、PC、PMMA 塑料,食品工业机械构件
	DF2	01 HB190	微变形耐磨油钢	可广泛用于五金冷冲压、手冲压花模
	XW42	D2 HB210	高耐磨冷作工具钢	冷挤压成型模、螺钉滚齿板、精密五金模具
	V10	特殊钢种 HB280~310	高寿命粉末冶金冷作工具钢	精密冲切矽钢片或电路板冲切
日本大同 	PX88	P20 改良 HB290~330	通用塑胶模具钢	长期生产通用塑胶模具钢,抛光性能良好
	NAK50	P21 改良 HB370~400	高硬度易削塑胶模具钢	高性能塑胶模具、橡胶模具
	NAK80	P21 改良 HB370~400	高硬度高抛光性镜面塑胶模具钢	电蚀及抛光性能模具
	S-STAR	420 J2 改良 HB300~330	镜面耐蚀塑胶模具钢	精密塑料模、高镜面度模具
	DC11	SKD11 HB255	高耐磨性合金冷作工具钢	适用于冷挤压成型、拉伸模,不锈钢片及高硬度材料的冲裁模
	DC53	SKD11 改良	高韧性通用冷作工具钢	冲裁模、冷作成型模、深拉模、成型轧辊、冲头
美国芬可乐 	P20HH	P20 HB330~370	优质预硬塑胶模具钢	要求高硬度、高光洁度及高耐磨性的塑胶模具,适合制作 PA、POM、PS、PE、PP、ABS 等塑料产品
	P20LQ	P20 HB330~370	优质预加硬镜面级塑胶模具钢	通过双真空精炼,钢质精纯,硬质夹杂物及偏析度大大降低,适用于要求表面粗糙度达镜面级而无须注塑酸性塑料模

续表

品牌	名称	备 注	特 性	用 途
龙记特殊钢 (塑胶模) 	LKM638	P20 HB270~300	塑胶模具钢	适用于高要求大型模架及下模件
	KM2311	P20 HB280~325	预加硬塑胶模具钢	长期生产高质塑胶模具
	LKM2312	P20 HB280~325	预加硬易切削塑胶模具钢	适用于一般塑胶模具及下模件
	LKM738	P20 HB290~330	预加硬塑胶模具钢	高韧性及高磨光度模具
	LKM738H	P20 HB330~370	预加硬塑胶模具钢	高韧性及高磨光度模具
	LKM838H	P20 改良 HB330~360	预加硬塑胶模具钢	加工性、抛光性、焊接性及蚀纹效果比同硬度之 P20 类钢材更优, 适用于注塑 PA、POM、PS、PE、PP、ABS 等塑胶模具
	LKM818H	P20 改良 HB330~370	预加硬塑胶模具钢	高抛光度及高要求内模件, 适合 PA、POM、PS、PE、PP、ABS
	LKM2711	P20 HB335~380	高硬度韧性塑胶模具钢	适合耐磨损、高硬度、高韧性及高磨光度模具, 特别适用于大型模具
	LKM420	420 HB240	防锈塑胶模具钢	适合需要防锈的塑胶模具, 经热处理后可加硬至 HRC50~52, 作为塑胶硬模使用
	LKM420H	420 HB280~310	预加硬防锈塑胶模具钢	适合需要防锈的塑胶模具
	LKM2083	420 HB215~240	防酸塑胶模具钢	经淬火后适合酸性塑料及要求良好抛光的模具
	LKM2083H	420 HB280~310	高防酸塑胶模具钢	适合酸性塑料及要求一般抛光的模具
	LKM2316	420 HB<230	预加硬高防酸塑胶模具钢	经淬火后适合高酸性塑料的模具
	LKM2316	420 HB265~310	预加硬高防酸塑胶模具钢	适合高酸性塑料的模具
	LKM2316ESR	420 HB265~310	预加硬高光洁度高防酸塑胶模具钢	高光洁度及高防酸性的模具
龙记特殊钢 (五金模) 	LKM2344	H13 HB<225	耐磨压铸热作工具钢	适用于铝、锌合金冷挤压及热压铸模
	LKM2344SUPER	H13 HB<225	特级热作工具钢	钢质平均, 高韧性, 适用于铝、锌合金冷挤压及热压铸模
	LKM2510	O1 HB230	微变形耐磨油钢	适用于冷压加工、冲裁模、冲头及剪切片模
	LKM2379	D2 HB255	高耐磨冷作工具钢	冷挤压成型、拉伸模、不锈钢片、冲裁模
	LKM2767	HB<262	冷作工具钢及塑胶模具钢	适用于冷冲压模及剪切片模, 可冲裁 10mm 以上五金材料

续表

品牌	名称	备 注	特 性	用 途
日本三菱 	MUP	P20 HB270~320	高级塑胶模具钢	高质长期生产塑胶模具
日本新东 	PORCERAX II PM-35	HB350~400	透气钢	适用于逆胶及压铸模具,解决困气所形成的品质及效率问题
美国 BRUSH WELLMAN 	MOLDMAX MM40	HRC36~42	高硬度合金镀铜	适用于需要快速冷却的模芯及镶件
黄牌	S50C-S55C	1050~1055 HB170~220	中碳钢	适用于塑胶模架配板及机械零件
中国舞阳 	舞阳 718	P20 HB290~340	预加硬塑胶模具钢	一般用途的塑胶模具钢

参 考 文 献

- [1] 屈华昌. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 王家庆. 塑料模设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 韩凤麟. 模具工程大典[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [4] 夏琴香. 模具设计及计算机应用[M]. 广州:华南工业大学出版社,2008.
- [5] 邓昆. UG NX4 模具设计专家实例精讲[M]. 北京:中国青年电子出版社,2007.
- [6] 刘勇. 塑料模设计指导[M]. 大连:大连理工大学出版社,2007.
- [7] 何忠保. 典型零件模具图册[M]. 北京:机械工业出版社,2004.